12 • 2016



РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ПОДСТАВКА ДЛЯ НОВОГОДНЕЙ ЁЛОЧКИ В ГОД ПЕТУХА

- *Ламповый микрофон*
- *Аналоги тринисторов*
- *Электронный замок*
- *Искатель скрытой проводки*

...и ещё 17 конструкций

12
2016

ISSN-0033-765X
9 770033 765009 16012



МОСКОВСКИЕ МАСТЕРА

18 октября – 10 ноября 2016 года

молодые профессионалы | worldskills Russia

V Открытый чемпионат профессионального мастерства по стандартам WorldSkills Russia

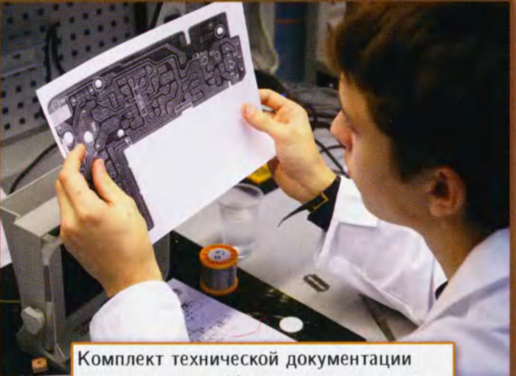
V Открытый чемпионат "Московские мастера" по стандартам WorldSkills прошёл в Москве с 10-го по 27 октября, в нём приняли участие около 2000 человек. Это были самые масштабные соревнования профессионального мастерства в г. Москве в 2016 г.

Всего было организовано 817 рабочих мест, из них 222 — для участников из других регионов. Соревнования направлены на повышение престижа рабочих профессий и развитие профессионального образования путём внедрения лучших профессиональных стандартов. Формат мероприятия предполагает выявление лучших специалистов по каждому направлению. Качество работ оценивали настоящие профессионалы — эксперты, имеющие огромный опыт и лучшие практические навыки.

Одна из специальностей, входящая в программу чемпионата, была "Радиосвязь, радиовещание, телевидение". Задание, которое необходимо было выполнить участникам в течение двух дней: монтаж двухдиапазонного радиоприёмника, налаживание, измерение параметров и поиск неисправностей.



Бронзовый призёр соревнований — студент ГБПОУ "Политехнический техникум № 2" Д. Р. Николаев проводит монтаж устройства.



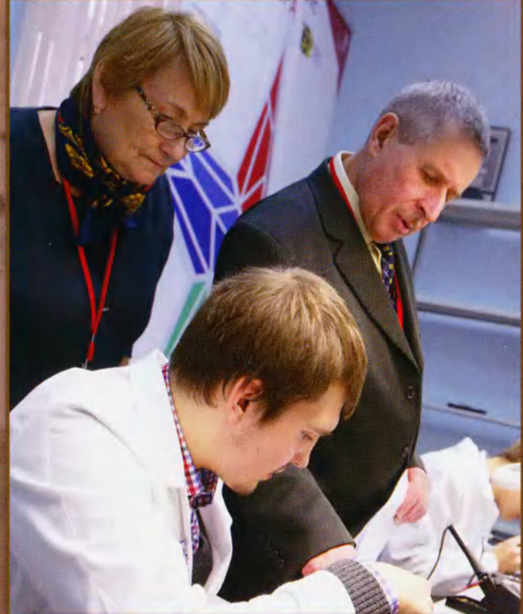
Комплект технической документации изучает студент Московского колледжа железнодорожного транспорта Института прикладных технологий П. С. Сальников.



Победитель соревнований — студент А. В. Печёнкин (ГБПОУ "Колледж связи № 54 им. П. М. Вострухина").



Студент Д. С. Гришин (ГБПОУ "Западный комплекс непрерывного образования") проверяет исправность радиоэлементов. В соревнованиях он занял второе место.



У студента К. В. Кулагина (ГБПОУ "ОК Юго-Запад") в комплекте не хватило одного конденсатора. На помощь спешат эксперты Н. В. Нечаева и Ю. Н. Кириленко.



Задание выполняет студент Д. В. Сизенёв (ГБПОУ "Московский государственный образовательный комплекс"). Ход работы контролирует эксперт Л. Г. Горланова.

Автор фотографий — К. С. Кот

В НОМЕРЕ:

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 8, 18, 20, 25, 26, 29, 35, 54).

На нашей обложке. Подставка-индикатор года для новогодней ёлочки (см. статью на с. 30).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

САМОДЕЛЬНЫЕ ИЗОДИНАМИЧЕСКИЕ
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИП ИЗ ЭПРА
ПОДСТАВКА-РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ПАЯЛЬНИКА
РЕВЕРБЕРАТОР НА МК

Тираж журнала «Радио» № 11 сдан для рассылки подписчикам 02.11.2016 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 17.11.2016 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км. Зак. 16-11-00225.

Ни кино, ни радио

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва
В. ШУБ, канд. физ.-мат. наук, г. Москва

"Мы думали, что это будет вечный бой — яростный и победоносный. Мы думали, что всегда будем сохранять ясные представления о добре и зле, о враге и друге. И думали, в общем, правильно — только многого не учли".

Братья Стругацкие "Трудно быть богом"

Сто тысяч долларов и два года работы

У. Смит, П. Нипков, Б. Розинг, Ч. Дженкинс, И. Адамян, Л. Термен, М. Арденне, М. Дикманн, К. Браун, Г. Глаге, Д. Бэрд, В. Зворыкин, Ф. Франсуорт, К. Тиханьи, К. Такаянаги, Б. Грабовский, И. Белянский, Н. Пискунов, В. Попов, С. Катаев, У. Санабриа — вот далеко не полный перечень имён инженеров, подаривших нам то, что мы привыкли называть телевидением. А ведь были ещё и меценаты-инвесторы, и любители-энтузиасты, и проектировщики-профессионалы, и радисты со строителями, и талантливые менеджеры, и те, кто разрабатывал стандарты и нормативно-правовую базу.

Началось же всё с открытия Уиллоуби Смитом в 1873 г. фотоэффекта в селене и с изобретения Паулем Нипковым в 1884 г. сканирующего диска. Последний стал основой первой механической чёрно-белой телевизионной системы Д. Бэрда, продемонстрированной в 1924 г. Интересно, что, посетив однажды в поиске пиара для своего изобретения редакцию газеты Daily Express, Д. Бэрд напугал главного редактора, который попросил своих сотрудников избавить его от безумца, который утверждает, будто изобрёл "машину", чтобы "видеть через радио". Кто бы знал, во что это всё выльется...

Усилиями инженеров "машина" быстро совершенствовалась и вскоре стала электронной. В конкурентной борьбе кинескопов Файло Франсуорта, Кальмана Тиханьи и Владимира Зворыкина победило самое технологичное решение Владимира Козьмича, подкреплённое менеджерским талантом уроженца Одессы Дэвида Сарнова, который, кстати, на всякий случай, выкупил патенты конкурентов (впрочем, от Ф. Франсуорта нам остался термин "телевизор").

"Что потребуется для превращения разработки в средство телевизионного вещания на массовую аудиторию?" — спросил В. Зворыкина Д. Сарнов при первой встрече.

"Сто тысяч долларов и два года работы" — уверенно заявил разработчик.

Это уже потом выяснится, что денег нужно на два порядка больше, но это всё равно ничто по сравнению с тем, чем отрасль оперирует сегодня.

Не прошло и восьмидесяти лет с первых опытов по передаче движущейся монохромной картинки, а разговор идёт уже о квантовых точках и сверхкачественной передаче изображения. Магазины же ломятся от гигантских телевизоров, выполненных по ультрасовременным технологиям, вроде органических светодиодных активных матриц (AMOLED — active matrix organic light emitting diodes) и квантовых точек (DQLED — quantum dot LEDs). И сегодня 100 дюймов — это диагональ ТВ-экрана, а не расстояние, на которое удаётся передать "картинку". Смена семи поколений телевизоров (электромеханика — монохромный кинескоп — цветной кинескоп — плазма — ЖК — AMOLED — DQLED), сопровождающаяся массовой, глобальной заменой на уровне десятков и сотен миллионов устройств каждые 10...15 лет, говорит о том, что телевидение стало самодостаточным и глобальным социальным, технологическим и рыночным (а значит, коммерческим и финансовым) феноменом. Он создаёт свою глобальную инфраструктуру производства и дистрибуции видеоконтента, изготовления абонентских устройств и налаженные каналы продаж всех элементов этой экосистемы, развитие которой нисколько не затормозилось.

Аналог — Цифра — IP

Наступил момент, когда аналоговое ТВ практически, полностью исчерпав свой потенциал по разрешению экрана, контрастности "картинки" и помехоустойчивости в проводных и эфирных сетях, плавно уступило своё место цифровому в группе стандартов DVB (Digital Video Broadcasting). Однако, несмотря на доминирование цифровых форматов DVB-S/S2 (непосредственное спутниковое телевещание),

DVB-T/T2 (эфирное цифровое ТВ) и DVB-C (кабельное цифровое ТВ), в настоящее время происходит массовая миграция всей ТВ-индустрии в IPTV-формат. Последний обеспечивает максимально полную интеграцию ТВ в проводном и беспроводном форматах с современными, преимущественно, оптоволоконными транспортными сетями пакетной коммутации, а также практически неограниченные разрешения "картинки", динамический диапазон и уровень интерактивности (VoD, OTT).

Гонка по диагонали

Кинескопные телевизоры изначально были ограничены в размерах диагонали экрана в пределах 32...38 дюймов, максимум. Причины — сложность удержания точной фокусировки электронного луча в ЭЛТ при больших углах его отклонения, необходимость увеличения ускоряющего напряжения и силы тока луча и, как следствие, всё более толстая и тяжёлая биологическая защита свинцовосодержащим стеклом панели от мягкого рентгеновского излучения, что приводило к увеличению массы кинескопов до нескольких десятков килограмм.

Переход к планарным технологиям кинескопов, совпавший с введением индустриального стандарта 1080p в середине 90-х, привёл к бурному расцвету плоскопанельных телевизоров с большими диагоналями экранов — до 50 дюймов. Первоначальный "бум" плазменных панелей, стоимость которых поначалу была сравнима со стоимостью автомобиля, вскоре сменился разочарованием в их перспективности. Последнее было связано с большими массой и толщиной, невозможностью масштабирования "вниз" и дальнейшего снижения контрастности в силу взаимодействия между соседними плазменными излучающими ячейками/пикселами.

Последующее бурное развитие ЖК-панелей, особенно в варианте активных матриц, позволило перейти к массовому изготовлению огромных и тонких телевизионных панелей, размеры которых были физически ограничены лишь размерами стеклянных плоскопараллельных подложек. Активная ЖК-технология сняла также и физические ограничения на пространственное разрешение ТВ-экранов, позволяя перейти от разрешения Full HD (1080p) к разрешениям 4, 5, 8, и даже 11K. Но, к сожалению, специфика формирования изображения поляризационными фильтрами ЖК-панелей поставила жёсткие ограничения на пути дальнейшего увеличения контрастности (динамического диапазона) телевизоров в новых форматах 4K UHD Premium и выше, открывая дорогу AMOLED- и DQLED-дисплеям.

Последние образцы телевизоров на основе AMOLED-панелей демонстрируют фантастическое, предельное значение контрастности, теоретически равное бесконечности. Причина заключается в полном отсутствии излучения от неактивных пикселов такой матрицы, что обеспечивает в теории бесконечно большой динамический диапазон. И именно это делает такие панели идеальным выбором для новых форматов цифрового (S) UHD ТВ с разрешениями от 4 до 10K и динамическим диапазоном более 1000:1. Использование переизлучающих матриц из неорганических квантовых точек, с размерами зерна 10...50 нм, позволяет генерировать каждому субпикселу спектрально чистый цвет, определяемый квантово-размерными эффектами, обеспечивая тем самым исключительно точную цветопередачу в максимально широкой цветовой палитре.

В результате телевизионные панели, достигнув практических пределов "по горизонтали" — до двух метров, что соответствует размерам простенков в стандартном жилище, начали расти ввысь. И сегодня мы уже видим образцы телевизоров, установленных вертикально, "на попа", с горизонтальным сегментированием панели на несколько независимых "видеоокон".

Линейность против интерактивности

При появлении первых систем IPTV в начале 2000-х годов, позволивших начать предоставление услуг интерактивного ТВ и "ТВ-по-запросу" (VoD), появилось мнение, что линейное вещательное ТВ уйдёт со сцены, уступив место его интерактивным вариантам. Основным аргументом было физическое ограничение возможности просмотра телепередач 24-мя часами в сутки. На практике оказалось, что телевидение стало многоэкранным и "многослойным" за счёт параллельного использования для просмотра в ноутбуках, планшетах и коммуникаторах. Поэтому в настоящее время среднее время телепросмотра составляет 26...28 часов в сутки. Ну а дополненная реальность может внести дополнительный вклад в дальнейшее его увеличение.

Бесконечный "улучшайзинг" от 4K к 8K и далее везде...

В конце "нулевых" годов возникла идея, что дополнительная потребительная стоимость телевидения может быть создана путём вывода его в "третье измерение", т. е. придания телевизионной картинке объёмности. Успехи трёхмерного кино в форматах Real 3D и IMAX позволили спроецировать этот успех и на частные телепросмотры. Развитие стереотелевидения пошло в трёх направлениях: пассивной очковой стереоскопии за счёт использования пассивных поляризационных очков (что, впрочем, не является инновацией, поскольку появилось много десятилетий назад), активной очковой стереоскопии (за счёт использования очков с программно-управляемыми поляризационными ЖК-фильтрами, синхронизированными с ТВ-панелью) и безочковой аутостереоскопии, с использованием лентикулярных дисплеев. В силу неудобства использования очков любого типа и неприятных побочных психофизиологических эффектов оба "очковых" направления "приказали долго жить". Аутостереоскопия же так и остаётся ареной предкоммерческих экспериментов, причём в силу её специфики горизонтальное пространственное разрешение уменьшается в два раза из-за необходимости использования пар рядов пикселов для создания стереоэффекта. В настоящее время поддержка стереоскопии отсутствует в группе стандартов UHD TV и UHD TV Blu-Ray 66 и 100 ГБ.

В результате дальнейшее развитие ТВ в направлении увеличения эффекта погружённости пошло в сторону повышения пространственного разрешения картинки ((S)UHD 4/8K), увеличения динамического диапазона (HDR — High Dynamic Range), частоты смены кадров до 50...60 и 120 в секунду (HFR — High Frame Rate), а также расширения охватываемой цветовой палитры (WCG — Wide Color Gamut). Поэтому на сегодняшний день предельными параметрами телевизионной "картинки" можно считать следующие: разрешение — 8K, частота кадров — 120 в секунду, динамический диапазон — более 1000:1 при минимальной светимости пиксела 0,005 лм, охват — 100 % цветовой таблицы NTSC.

Уникальный технологический прорыв последних лет, обеспечивший фотолитографическое формирование активных матриц на криволинейных цилиндрических поверхностях, позволил представить коммерческие образцы так называемых изогнутых телевизоров. Основная идея их создания заключается в увеличении иммерсивности (погружению в "картинку") за счёт использования экрана, все пикселы которого равноудалены от зрителя, находящегося в его фокальной плоскости. К сожалению, дополнительная наценка на такие телевизоры оказалась неоправданно завышенной, и поэтому в 2016 г. обозначилась тенденция постепенного отказа производителей телевизоров от предложения изогнутых моделей.

Новые техтребования от геймеров

Современные видеоигры, создав симбиоз с телевидением за счёт использования одних и тех же ТВ-экранов, стали причиной резкого повышения технических требований к телевизионным интерактивным сетям. Для геймера важен эффект максимальной вовлечённости в сюжет видеоигры, который обеспечивается как максимальным качеством самой "картинки", так и скоростью реакции, т. е. интерактивностью. Поэтому интерактивное телевидение стало оказывать прямое и непосредственное влияние на телекоммуникационную инфраструктуру, требуя использования либо CDN (Content Delivery Network — сеть доставки контента) общего назначения, либо специализированных систем видео-CDN для максимального пространственного приближения соответствующих видеосерверов к абоненту. В настоящее время требуемое время реакции сети в видеоигре составляет менее 10 мс, что налагает всё более ужесточающиеся технические требования на всю цепочку предоставления услуг сетевых видеоигр.

Виртуалы против аугментов

В настоящее время очевиден взрыв зрительского интереса к системам виртуальной (VR — Virtual Reality) и дополненной (AR — Augmented Reality) реальностей. Их "обитатели" делятся соответственно на виртуалов и аугментов. В первом случае окружающая зрителя реальность полностью оптически блокируется, заменяясь её виртуальной версией, во втором — на "реальную" реальность накладываются элементы реальности дополненной, как в проекционных дисплеях типа HUD (Head-Up Display), например,





для отображения критической информации на лобовом стекле автомобиля. Огромный интерес публики и вал заказов на системы типа Oculus Rift или HTC Vive, а также интерес к системе HoloLens наглядно демонстрируют их огромный потенциал. Обратной стороной данного процесса является дальнейшее ужесточение технических требований к подобным системам в части пространственного разрешения (для повышения реалистичности изображения) и скорости реакции на движения пользователя (для устранения эффектов укачивания и "морской болезни").

Могут быть у пользователей VR и AR и другие последствия, которые буквально открыли новый смежный рынок. В связи с этим компания "АльфаСтрахование" даже объявила, что займётся страхованием поклонников виртуальной реальности. Пользователи 3D-очков и шлемов смогут приобрести специальные полисы для страхования от несчастного случая. Размер же выплаты будет зависеть от степени тяжести увечья, полученного в момент использования данных устройств. Очевидно, всё это неспроста…

Движущая сила прогресса

Как видно из вышеприведённых примеров, именно геймеры и будущие пользователи систем виртуальной и дополненной реальности уже являются или станут основной движущей силой дальнейшего прогресса в области телевизионных систем, в том числе и интерактивных. Дальнейшее ужесточение технических требований со стороны таких пользователей создаст мощнейшее давление на всю телекоммуникационную инфраструктуру, используемую в настоящее время для формирования и доставки видеосигнала.

Собственно, и "погружение" теперь идёт по большей части не в специализированные ТВ-сети, а в Интернет. В частности, компания Intel, которая также считает необходимым для современного потребителя эффекта "погружения" непосредственно из Интернета, недавно представила семейство процессоров Intel Core седьмого поколения (кодовое обозначение Kaby Lake, технология 14 нм), которые реализуют эту концепцию благодаря поддержке видео стандарта 4K UHD с углом обзора 360° и потокового видео высокого разрешения.

Системы хранения видеоконтента

В настоящее время становятся коммерчески доступными системы хранения (видеоплейеры) UHD 4K видеоконтента с соответствующими видеокодеками класса HEVC/MPEG-5/H.265. Объём хранения для них составляет 66 или 100 Гб, записываемых соответственно на двух или трёх слоях. При дальнейшем увеличении разрешения телевидения до 8K, очевидно, требуемый объём хранения возрастёт многократно, вплоть до 1 Тб на видеодиск. При сохранении существующих физических принципов формирования видеозаписи на оптическом слое видеодиска единственной мыслимой возможностью дальнейшего повышения его ёмкости является увеличение пространственного разрешения пишущих лазерных головок путём использования светодиодов на основе широкозонных гетероэпитаксиальных светоизлучающих структур нитридов галлия-алюминия (AlGaN), излучающих в диапазоне жёсткого ультрафиолета и формирующих таким образом пятно минимального дифракционного предела.

Скромное обаяние контента

Так что же определяет его потребительную стоимость, форма (качество) или содержание? Поскольку телевидение — это род искусства, потребительная стоимость теле- или видеопродукта определяется не только и не столько качеством телекартинки, но и её художественным содержанием. Между прочим, многие истинно великие произведения кинематографии и телевидения до сих пор известны аудитории в чёрно-белом варианте с весьма скромным качеством, что не умаляет их художественных достоинств. Поэтому по мере повышения технического качества "телекартинки" на первый план всё острее выходят "нетехнические" компоненты потребительной стоимости: художественное содержание, глубина замысла, оригинальность сюжета, персоналии, качество игры актёров и т. п. А это невозможно оценить ни по каким не то что количественным ("цифровым") меркам, но даже и по качественным ("хорошо/плохо") критериям. Уменьшение визуальной разницы между реальностью и телевизионным изображением, вплоть до её практически полного исчезновения, делает ситуацию с видеоконтентом всё более беспощадной к его авторам и создателям, наглядно показывая порой, что "король-то голый", и обнажая попытки режиссёра спрятать за техническим совершенством камер, света, цвета и звука убожество и фальшь сюжета и плохую игру исполнителей. Скорее всего, дальнейшее техническое развитие телевидения, как технологической экосистемы, будет предъявлять всё более высокие требования к художественному содержанию и качеству транслируемого видеоконтента. Но это, конечно, благие пожелания, которые двигали ещё Владимиром Зворыкиным. И они нисколько не исключают наличия огромной армии телезрителей несколько другой направленности, общую характеристику которых дали братья Стругацкие в одном известном произведении: "Протоплазма, — подумал Румата. Жрущая и размножающаяся протоплазма".

"Пиплметрия"

В современной телеиндустрии в настоящее время идут бурные и бесплодные дебаты — а что смотрят телезрители, каковы паттерны (от англ. pattern и лат. patronus — модель, образец для подражания, шаблон, стиль) телепросмотра и насколько объективны методики их измерений. Особую остроту и актуальность этим дебатам придают практические аспекты результатов подобных измерений, а именно монетизация телеканалов. В то же время существует идея, что пока потребитель "глотает", то что и зачем измерять? Всё равно ничего другого он получить и посмотреть не может. Такая точка зрения, являющаяся отголоском "славного" советского телепрошлого с его четырьмя телевизионными каналами на всю страну (по планам до 2000 г.), уже изживает себя за счёт активного развития IPTV в форматах VoD и OTT. Тем не менее стоит заметить, что все разговоры о методиках и охвате замеров "пиплметрии" (от англ. peoplemeter — измеритель аудитории) обречены на нескорую, но смерть. Дело в том, что IPTV, в силу его технологических особенностей, является способом телевещания со встроенным "пиплметром". Система криптозащиты видеоконтента в IPTV надёжно ограждает телевещателя от возможных "утечек" контента на сторону, а система предоставления видеоуслуг (middleware) гарантирует полный контроль вещателя над тем, кто из абонентов и что смотрит в каждый данный момент времени. Таким образом, массовое распространение IPTV, как основного формата телевещания, делает ненужными специализированные системы "пиплметрии", позволяя абсолютно точно оценивать число телезрителей в любом географическом или контентном разрезе при максимальной представительности выборки статистического анализа, распространяемой на всю аудиторию.

Будущее тонет в ослепительном тумане…

Как следует из всего вышеизложенного, современная телеиндустрия стоит перед новыми исключительно серьёзными вызовами. Это и переход на более высокий уровень качества изображения при одновременном резком увеличении нагрузки на транспортные телекоммуникационные сети, и повышение доли интерактивности в телевещании за счёт новых форматов видеоконтента и видеоигр, и появление систем виртуальной и дополненной реальности, дающих новое потребительское измерение контенту, и, наконец, необходимость постоянного повышения художественного уровня и привлекательности контента для сохранения и повышения его потребительной стоимости. В связи с этим возникает логичный вопрос — хватит ли у нас, телезрителей, денег, чтобы оплатить весь этот банкет продюсеров, режиссёров, актёров и телевещателей? И не забудьте ИКТ-инфраструктуру…

Впрочем, почти всю эту публику вскоре может заменить компьютер, что уже продемонстрировал Джеймс Кэмерон своим "Аватаром" (кстати, планируется его продолжение в виде эпопеи). Осталось лишь немного подождать, когда недорогие (во всяком случае, гораздо меньше голливудских гонораров) цифровые модели и копии кого угодно и чего угодно станут доступны из "облака" даже "сам себе режиссёрам". Правда, зная человеческую природу, не стоит ожидать массового появления телешедевров. Скорее, наоборот. Ведь у нас уже есть опыт социальных сетей, откуда так и не повалили валом великие писатели. Однако, как показывает практика, самые большие доходы дают отнюдь не они.

Если вы считаете точно так же, то вы не одиноки. К примеру, на склоне лет Владимир Козьмич Зворыкин разочаровался в телевидении и говорил: "Я создал монстра, способного промыть мозги всему человечеству. Это чудовище приведёт нашу планету к унифицированному мышлению…". Уж не управляемость ли "цифры" имел он в виду? "Впрочем, — добавлял Владимир Козьмич, — лучшая деталь в телевизоре — это выключатель". ■

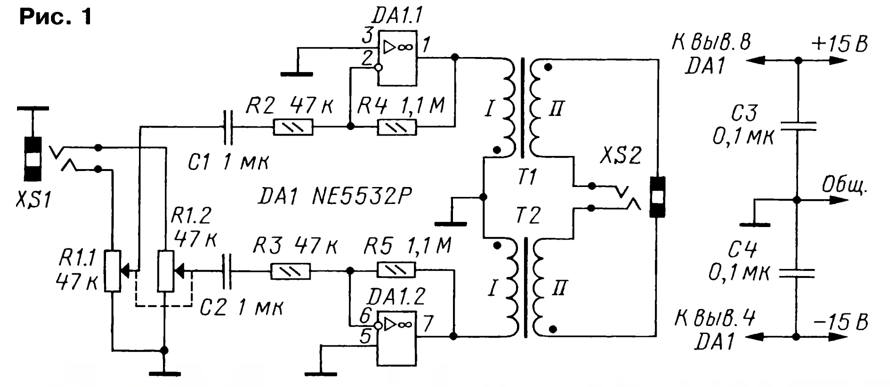
Усилитель для головных телефонов

В. ЮШКОВ, г. Астрахань

Можно ли считать винтажностью применение выходного трансформатора в усилителе для головных телефонов? Если для низкочастотных динамических головок это считается полезным, то для широкополосных изодинамических излучателей головных телефонов тоже может оказаться слышимым эффектом. Стоит попробовать...

Недавно возникла проблема с подключением головных стереотелефонов ТДС-5М непосредственно к источнику фонограмм, без ресивера или иного мощного усилителя. Телефоны — изодинамические, с номинальным сопротивлением 75 Ом и поэтому относительно невысокой чувствительностью. Однако благодаря тонкоплёночной мембране они способны очень качественно воспроизводить звук. Пришлось собрать для них телефонный усилитель.

Рис. 1



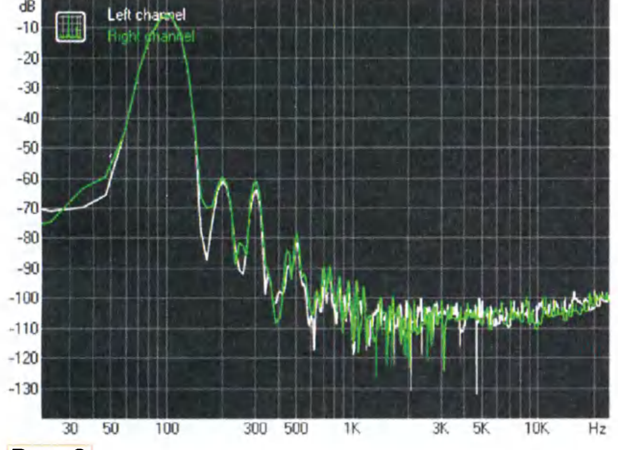


Рис. 2

Рис. 3

В Интернете предлагаются сложные схемы усилителей, да ещё с мощным выходным каскадом, работающих в режиме класса А, плюс устройство защиты телефонов. Поэтому высококачественные усилители оказываются весьма дороги. Получается сложная и потребляющая десяток ватт конструкция, а хочется просто и качественно. В результате пришлось обратиться к старому, незаслуженно забытому решению — трансформатору. Не так он и плох, как мы считаем в эру полупроводников, и не только эксклюзивные по недоступной цене, но и обыкновенные, намотанные вручную, с обычным магнитопроводом из электротехнической стали. А более простое устройство, согласующее уровни сигнала, да ещё с "музыкальными" искажениями, за которыми гоняются меломаны, вряд ли найдётся.

За основу устройства усиления взята микросхема ОУ NE5532P, часто используемая в аудиоаппаратуре. Микросхема, доступная по цене, с минимальной "обвязкой", имеет хорошие технические характеристики (очень малые нелинейные искажения) и, согласно паспортным данным, может работать на нагрузку 600 Ом. Используя эту микросхему и трансформатор для согласования с нагрузкой (75 Ом), получаем простой по схеме (**рис. 1**) усилитель для головных телефонов.

Достоинства такого усилителя — в простоте, хорошем звучании и неприхотливости: устойчив при замыкании в цепи нагрузки, прекрасно работает с телефонами номинальным сопротивлением 75 и 150 Ом (и даже 32 Ом), при этом исключено попадание постоянного напряжения на головные телефоны. За счёт применения трансформатора микросхема не перегружается, хотя усилитель имеет небольшое окрашивание звука на низких частотах. Наличие небольшого постоянного напряжения на выходах ОУ (в моём усилителе 270 мВ) не создаёт существенного подмагничивания.

В конструкции для стереотелефонов, кроме сдвоенного операционного усилителя NE5532P (DA1), применены плёночные конденсаторы К73-17 ёмкостью 1 мкФ на 63 В (С1, С2), импортный сдвоенный переменный резистор с экспоненциальной кривой регулирования. Выходной трансформатор — с любым Ш-образным магнитопроводом из электротехнической стали с площадью сечения 2...3 см^2.

Обмотки выходного трансформатора: первичная — 1200 витков обмоточным проводом диаметром 0,1 мм, вторичная — 400 витков диаметром 0,15...0,18 мм. Намотка всех обмоток — внавал, сначала половина первичной, затем вторичная и далее вторая половина первичной. Можно мотать обе обмотки одновременно: сложить вместе четыре провода (три — диаметром 0,1 мм и один — 0,15 мм) и намотать 400 витков с последовательным соединением трёх частей первичной обмотки. Автором были использованы магнитопроводы и каркасы от трансформаторов из неисправных малогабаритных трансформаторных блоков питания.

Полоса воспроизводимых частот усилителя — 30 Гц... 30 кГц по уровню −1 дБ. Максимальное напряжение на вторичных обмотках трансформаторов под нагрузкой 75 Ом — 3,5 В при входном 0,3 В. Резисторы R2 и R3 для обоих каналов желательно подобрать попарно, используя цифровой мультиметр. В цепях питания микросхемы следует установить блокировочные керамические или плёночные конденсаторы ёмкостью 0,1 мкФ.

Нелинейные искажения на реальной нагрузке 75 Ом (телефоны ТДС-5М) на частоте 100 Гц и 1 кГц показаны на спектрограмме (**рис. 2** и **рис. 3**).

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА
тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2016

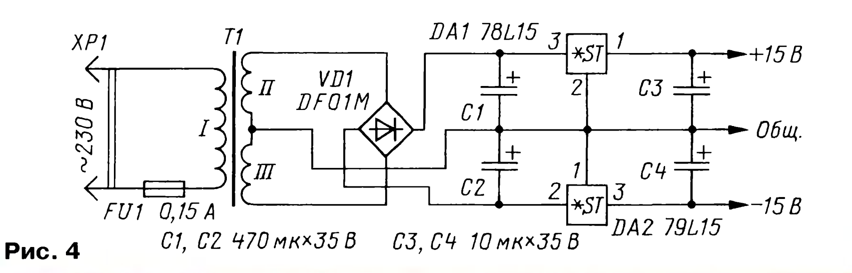


Рис. 4

Блок питания собран по обычной трансформаторной схеме (**рис. 4**) с маломощными линейными стабилизаторами на микросхемах 78L15 и 79L15, которые имеют отечественные аналоги КР1157ЕН15Б и КР1168ЕН15. Напряжение на входе стабилизаторов — +/−20...22 В. Диодный мост VD1 выпрямителя — любой малогабаритный на ток не менее 0,2 А. Сетевой трансформатор рассчитан на мощность 3...4 Вт.

Ламповый микрофон из МК-319

К. ФИЛАТОВ, г. Таганрог

Предпочтения в выборе ламповых или транзисторных предусилителей микрофонов носят более субъективный характер, чем результат анализа объективных параметров и характеристик. Тем не менее спрос рождает предложение — в статье представлен встраиваемый в конденсаторный микрофон ламповый бестрансформаторный предусилитель, в котором используется нувистор — металлокерамический триод с малым уровнем шума и устойчивостью к микрофонному эффекту.

Более 85 % микрофонов, которые сейчас используют в студиях звукозаписи, на радиостанциях и сценических площадках, — конденсаторные [1]. Профессиональный микрофон, как известно, состоит "из электроакустического преобразователя (далее — капсюля) и согласующего устройства. Блок питания, предварительный усилитель и соединительные кабели входят в комплект микрофона, если они являются его неотъемлемой частью" [2].

Качество звучания, полученного с использованием конкретного микрофона, зависит от исполнения всех его составных частей. В статье автора [3] по результатам измерения объективных характеристик и проведения субъективных экспертиз показано влияние материала мембраны микрофона на его качественные показатели. В частности, традиционно используемая позолоченная лавсановая (майларовая) мембрана может быть заменена никелевой или титановой фольгой (толщиной 5 и 2 мкм соответственно), которая обеспечивает долговременную стабильность характеристик микрофона при сохранении субъективных показателей. Кстати, в микрофоне Neumann M150 применена именно титановая мембрана диаметром 12 мм [4].

В качестве согласующего устройства в студийных конденсаторных микрофонах традиционно используются катодные (истоковые) повторители с трансформатором на выходе. Повторитель напряжения должен иметь низкое выходное (десятки — сотни ом для согласования с линией) и очень высокое (до 1 ГОм) входное сопротивление. Высокое входное сопротивление нужно для получения нижней граничной частоты микрофона 16...30 Гц при ёмкости капсюля 10 пФ.

В профессиональных конденсаторных микрофонах конца прошлого века в качестве преобразователя импеданса использовались малошумящие полевые транзисторы как с p-n переходом, так и с изолированным затвором. Однако в начале нынешнего века у музыкантов и студий звукозаписи опять возник интерес к ламповым предусилителям, размещаемым в корпусе конденсаторных микрофонов. Видимо, ценители звука ламповых микрофонов слышат нечто, не описываемое несколькими десятками объективных показателей, задаваемых действующими стандартами [2].

Мировой рынок микрофонов чутко реагирует на эту тенденцию. Цена отдельных моделей зарубежных брендов (Noiman, AKG, Rode и др.) достигает 500 тыс. руб. Российское ПАО "Октава" также выпускает несколько моделей студийных ламповых микрофонов, правда, ценой на порядок ниже [4].

В настоящей статье представлен простой ламповый предусилитель (ПУ), размещаемый в корпусе конденсаторного микрофона МК-319. Разработанный микрофон можно подключать к микшерным пультам и компьютерным интерфейсам, имеющим фантомное*) питание 48 В, что позволит музыкантам без больших материальных затрат оценить достоинства усиливаемого звука. Для питания подогревателя катода применён дополнительный источник постоянного напряжения 6...6,3 В.

О выходном трансформаторе. В статье автора [5] на примере исследования и модернизации конденсаторного микрофона МК-220 было показано, что выходной трансформатор — основной источник нелинейных искажений на низких частотах при больших уровнях сигналов. Кто-то может заметить, что именно гармонические искажения трансформатора создают уникальный тембр записываемого инструмента. Это иногда полезно, если записывается одноголосый инструмент и гармонические искажения действительно обогащают его тембр.

Однако положение радикально изменяется, если на входе микрофона присутствуют сигналы разных частот. Нелинейность трансформатора приведёт к появлению интермодуляционных искажений с суммарными и разностными частотами, что резко ухудшит прозрачность звучания. Поэтому разработанный предусилитель не содержит выходного трансформатора, что соответствует мировой тенденции создания микрофонов TLM (TransformLess Microphones).

ПАО "Октава" выпускает ряд недорогих студийных конденсаторных микрофонов с встроенными предусилителями на полевых транзисторах. Среди них конденсаторный кардиоидный микрофон МК-319 с выходным трансформатором. В таком микрофоне заводской предусилитель был заменён автором на ламповый бестрансформаторный предусилитель, описываемый ниже. Модернизированный микрофон с 2012 г. эксплуатируется в учебной студии звукозаписи Ростовской государственной консерватории им. С. В. Рахманинова, в основном для записи вокала, и востребован музыкантами.

О выборе лампы. В легендарном микрофоне Telefunken U47/U48 (создан в 1946 г.) использована лампа VF-14M — октальный пентод, включённый триодом (экранирующая и защитная сетки соединены с анодом), которую теперь невозможно найти [6]. В некоторых микрофонах применены лампы 12AX7, в других — нувисторы 7586 (AKG C-12A, Neumann U63). Как известно, нувисторы обладают высокой вибро- и ударопрочностью, расширенным температурным интервалом эксплуатации (до 300 °C), имеют низкий микрофонный эффект и сниженные шумы. Советский аналог нувистора 7586 — металлокерамический триод 6С51Н [7] массой всего три грамма!

Следует отметить, что отечественные и импортные нувисторы не дефицитны и не дороги. В СССР был выпущен целый ряд металлокерамических триодов: 6С52Н, 6С53Н, 6С62Н, 6С63Н и 6С65Н, поэтому предусилитель разработан с расчётом на применение и этих ламп.

Принципиальная схема предлагаемого предварительного усилителя (ПУ) приведена на **рис. 1**. Усилитель состоит из трёх каскадов: во входном применена электронная лампа — триод 6С51Н (VL1), второй каскад выполнен на транзисторе структуры p-n-p (VT1), третий — двухтактный повторитель на комплементарных транзисторах (VT2, VT3), работающих в режиме класса AB. Весь усилитель охвачен 100-процентной ООС по напряжению, которая обеспечивает

*) *Фантомное питание — неотъемлемый атрибут студийных, театральных и концертных микшерных пультов, к которым подключают транзисторные конденсаторные микрофоны. Напряжение питания +48 В на микрофон подаётся через резисторы симметричной нагрузки (обычно сопротивлением 6,8 кОм или близким к этому) из микшерного пульта через разъём микрофонного входа.*

стабильность режимов и малые нелинейные искажения.

Напряжение смещения на управляющую сетку триода VL1 поступает через резистор R2 с резистивного делителя R3R4. Так как переменное напряжение на катоде практически повторяет напряжение на сетке, то падение переменной составляющей на резисторе R2 близко к нулю, что практически исключает этот резистор из входного сопротивления каскада. Конденсатор C1 с помощью переключателя SA1 образует ёмкостный делитель с ёмкостью капсюля BM1 (аттенюатор 10 дБ). Цепь C3R1 с помощью переключателя SA2 образует фильтр верхних частот с частотой среза 240 Гц (ФВЧ) для компенсации эффекта ближней зоны микрофона — приёмника градиента давления.

Цепь R5C5 в анодной цепи VL1 исключает самовозбуждение ПУ в ультразвуковой полосе частот, цепи R9C4, R10C7 — фильтры напряжения питания. При выключении питания микрофона конденсатор C8 разряжается через диод VD1, защищая транзистор VT3 от обратного напряжения. Напряжение на диодной сборке VD2 задаёт начальный ток транзисторов VT2, VT3. Падение постоянного напряжения на резисторе R7 уменьшает напряжение коллектор—эмиттер транзистора VT1, снижая рассеиваемую им мощность и уровень вносимого шума.

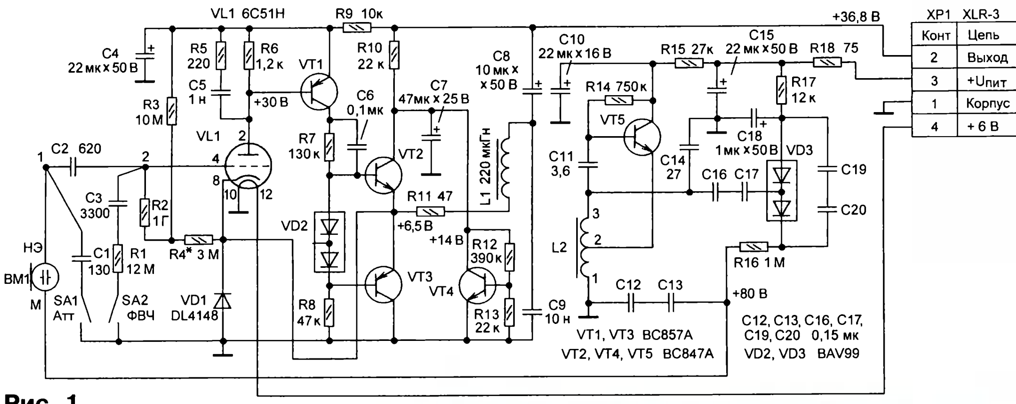


Рис. 1

Стабилизатор напряжения питания +14 В для двухтактного выходного каскада выполнен на транзисторе VT4 и резисторах R10, R12, R13. При увеличении выходного переменного напряжения нагруженного ПУ возрастает и потребляемый им ток, при этом ток транзистора VT4 снижается, обеспечивая стабилизацию напряжения.

На выходе ПУ включён ФНЧ второго порядка (R11L1C9R9R10 с внешним сопротивлением нагрузки) с частотой среза 160 кГц (на уровне –3 дБ) для подавления интерференции частот работающих радиостанций и внутреннего генератора, создающего напряжение поляризации.

Этот генератор собран по схеме индуктивной трёхточки на транзисторе VT5, катушке индуктивности L2 и конденсаторе C14. Рабочая частота — 1,2...2,2 МГц (в зависимости от использованного магнитопровода). Цепи R18C15, R15C10 и R17C18 образуют фильтры по цепи питания. Напряжение генератора поступает на двухполупериодный выпрямитель C16C17VD3C19C20, включённый последовательно с внешним напряжением фантомного питания, поступающим с контакта 3 соединителя XP1. Полученное напряжение +80 В сглаживается ФНЧ на элементах R16, C12, C13 и поступает на мембрану М капсюля BM1. Сигнал с неподвижного электрода НЭ капсюля через разделительный конденсатор C2 поступает на сетку лампы VL1.

Таким образом, получение повышенного напряжения поляризации и питание цепи анода триода VL1 осуществляются за счёт напряжения фантомного питания, поступающего с контактов 2 и 3 соединителя XP1 (XLR-3). Режимы активных элементов, указанные на схеме, получены путём моделирования ПУ в MicroCAP-7. Так как в этой программе модель триода-нувистора отсутствует, использовалась модель триода 12AX7. Напряжение анод—катод триода VL1 равно 23...24 В, что вполне достаточно для его нормальной работы.

Постоянное напряжение накала 6 В (относительно корпуса) поступает с контакта 4 соединителя XP1. Фактически соединитель XLR-3 имеет не три, а четыре контакта; четвёртым является корпус разъёма, который в его обычном применении соединён с контактом 1, обеспечивая соединение корпуса с общим проводом. В описываемом ПУ это соединение по переменному току осуществляется через стабилизатор напряжения накала (СНН), выходное сопротивление которого не превышает доли ома.

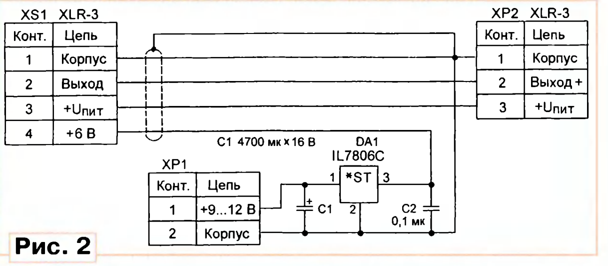


Рис. 2

Схема блока стабилизатора показана на **рис. 2**. Он собран в небольшом металлическом корпусе, на котором закреплены соединители XP1 (вход напряжения 9...12 В), XP2 (выход на кабель к микшерному пульту) и четырёхпроводный кабель с разъёмом XS1 для подключения к микрофону.

Источник напряжения +9...12 В, обеспечивающий ток не менее 0,2 А, является внешним (покупным) устройством и может быть выполнен с сетевым трансформатором или высокочастотным преобразователем. Напряжение этого источника поступает на микросхему DA1 стабилизатора напряжения +6 В, а затем на контакт 4 соединителя XS1 XLR-3. Конденсатор C1 обеспечивает сглаживание низкочастотных пульсаций напряжения, а конденсатор C2 исключает высокочастотное возбуждение.

В качестве альтернативы вместо блока питания 9...12 В и микросхемы DA1 в стабилизаторе напряжения накала можно использовать частично потерявшие ёмкость литий-ионные аккумуляторы от ноутбуков (ввиду малого тока накала — 0,15 А). Для получения напряжения 7,2 В достаточно использовать два из батареи аккумуляторов. Избыточное же напряжение легко погасить добавочным резистором сопротивлением 2...8 Ом. В этом случае разъём XP1 можно использовать для подключения зарядного устройства на основе микросхемы TP4056. Время работы аккумуляторной батареи зависит от ёмкости и может превышать 20 ч.

На **рис. 3** показаны расчётные амплитудно-частотные характеристики ПУ с выключенным и включённым ФВЧ (переключатель SA1). Коэффициент передачи ПУ равен –0,86 дБ на частоте 1 кГц, частота среза ФВЧ — 239 Гц (контакты переключателя SA2 замкнуты), крутизна спада — 6 дБ на октаву.

Коэффициент гармонических искажений, определённый в программе MicroCAP-7 по шести гармоникам, при подаче на вход ПУ сигнала частотой 1 кГц и амплитудой 5 В составил в сумме 0,69 %. Уменьшение амплитуды входного сигнала до 4,5 В привело к снижению искажений до 0,18 %.

Частотная зависимость спектральной плотности шумового напряжения на выходе ПУ для ёмкости капсюля $C_к$ = 62 пФ показана на **рис. 4**. Увеличение постоянной времени $C_кR2$ снижает спектральную плотность шумов, что соответствует выводам в [8].

Частотная характеристика чувствительности (ЧХЧ) собранного микрофона, показанная на **рис. 5**, измерена с помощью экспресс-сигнала [9] по методике, описанной в [10], а эквивалентный уровень шума — по методике [11]. Остальные его характеристики экспериментально исследовались по методике из статьи [5] при сопротивлении нагрузки 1,5 кОм, включённой на выход микрофона (контакт 2 соединителя XP1) через разделительный конденсатор ёмкостью 10 мкФ на напряжение 63 В. Основные параметры микро-

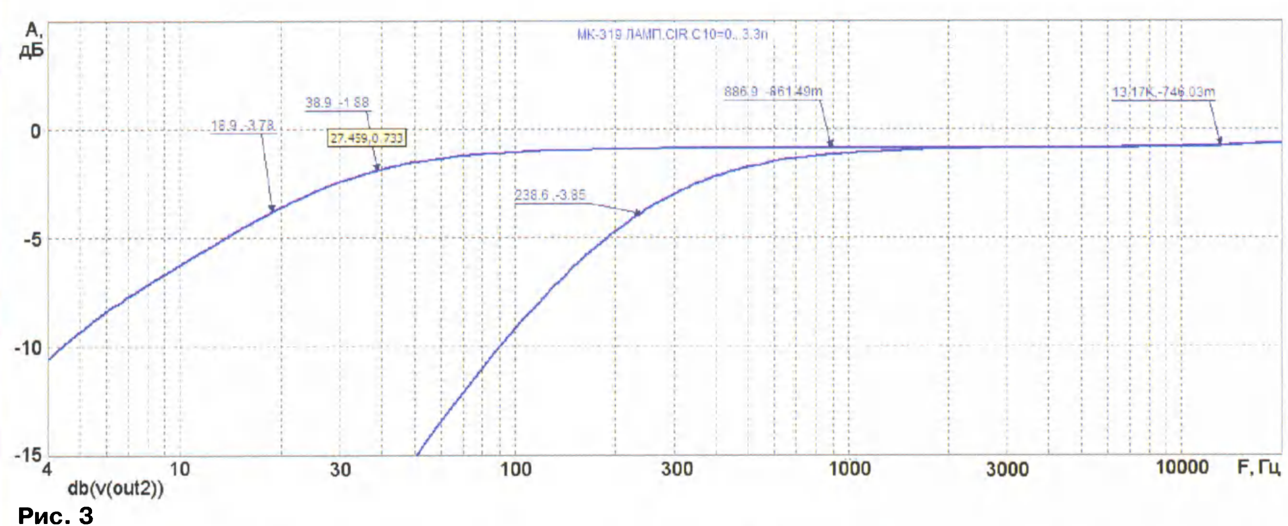


Рис. 3

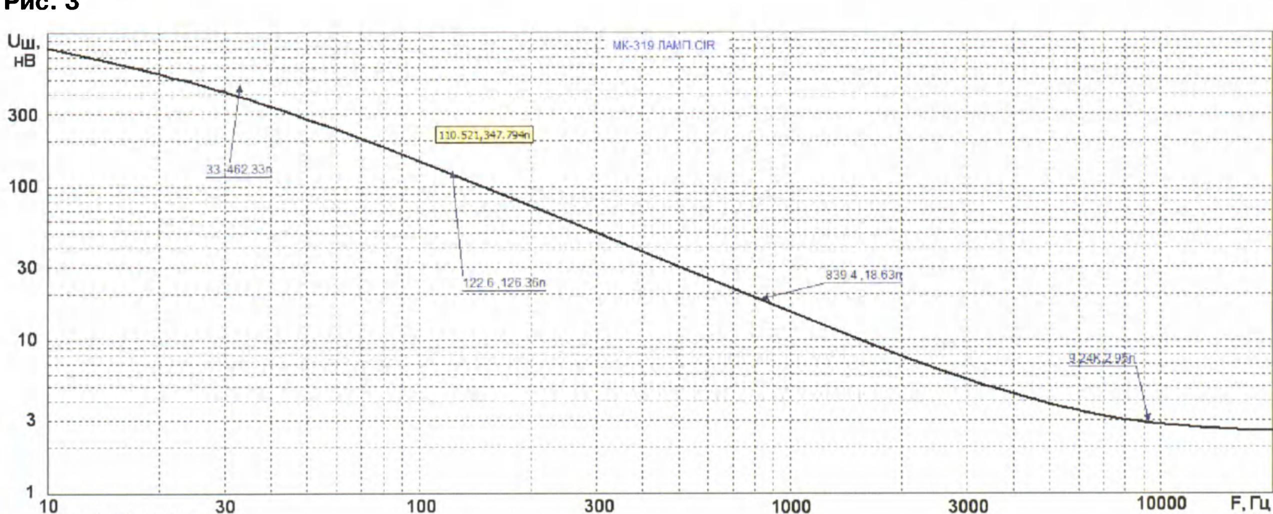


Рис. 4

фона МК-319 с ламповым ПУ представлены в **таблице** вместе с параметрами микрофона Neumann M147 tube singl.

Чувствительность микрофона МК-319 с ламповым ПУ повысилась в 2,3 раза (+7,1 дБ), уровень предельного звукового давления увеличился на 10 дБ, динамический диапазон возрос на 9 дБ несмотря на увеличение эквивалентного уровня шума на 1 дБ.

Конструкция и детали. Печатные платы разработаны и изготовлены для предусилителя по схеме на рис. 1 и стабилизатора напряжения накала (схема на рис. 2). ПУ с преобразователем напряжения собран на печатной плате, изготовленной из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и размерами 93×40 мм. На **рис. 6** показаны чертежи, на фото **рис. 7** — вид платы с двух сторон.

Стабилизатор напряжения накала собран на печатной плате из такого же фольгированного стеклотекстолита размерами 67×38 мм. На **рис. 8** показаны чертежи, на **рис. 9** — фотография монтажа блока стабилизатора.

В предусилителе использованы элементы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Постоянный резистор R16 — С2-33Н или МЛТ-0,125, резистор R1 — Р1-32-0,125 или КИМ (можно использовать высокоомный резистор из заменяемого предусилителя). Конденсаторы С1—С3, С14 — малогабаритные керамические, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — для поверхностного монтажа (конденсатор С10 — танталовый).

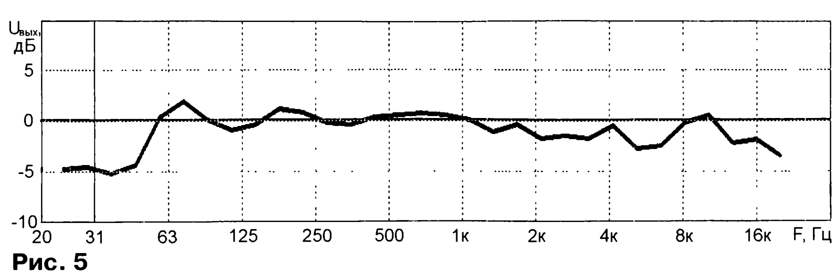


Рис. 5

Микрофон		Neumann M147tube singl.	МК-319	МК-319 ламповый
Характеристика направленности		Кардиоида	Кардиоида	Кардиоида
Номинальный диапазон частот	Гц	20...20000	20...20000	ЧХЧ, рис. 5
Чувствительность по свободному полю на частоте 1000 Гц	мВ/Па (дБ)	20 (–34)	11 (–39)	25 (–32)
Уровень предельного звукового давления в полосе 250...8000 Гц при $К_Г$ = 0,5 %	дБ (Па)	114 (10)	122 (25)	132 (80)
Уровень эквивалентного звукового давления, обусловленного собственными шумами (по МЭК-А)	дБА (мкПа)	12 (80)	18 (160)	19 (189)
Динамический диапазон	дБ	102	104	113
Модуль полного электрического сопротивления ($R_н$ — не менее 1 кОм)	Ом	50	200±40	75

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 608-83-05

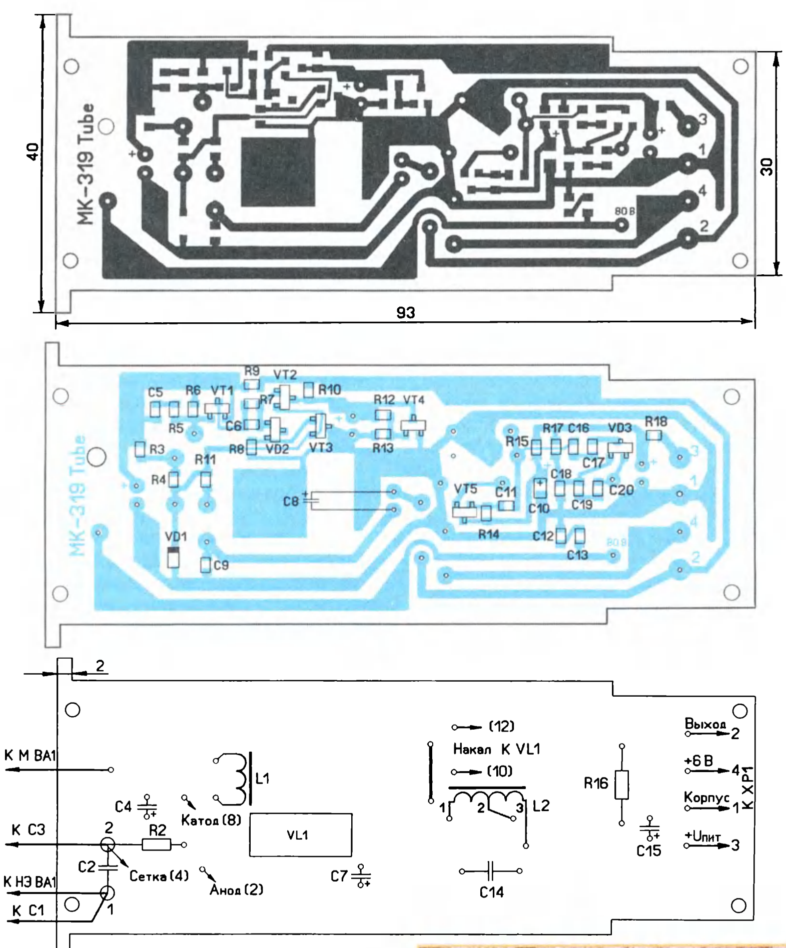


Рис. 6

Транзисторы VT2 и VT3 нужно подобрать с одинаковым коэффициентом передачи тока с разбросом не более 5 %. Вместо указанных на схеме можно использовать транзисторы с другими буквенными индексами.

Катушку индуктивности L2 наматывают проводом ПЭЛШО-0,12 на ферритовом кольце М600НМ с внешним 7 мм и внутренним диаметром 4 мм и высотой 2 мм. Секция обмотки 1—2 имеет 21 виток, а 2—3 — 33 витка.

Монтажные точки 1 и 2 ПУ (см. С2 на рис. 1) не должны иметь контакта со стеклотекстолитом. Для этого в плате в этих точках сверлят два отверстия диаметром 2...2,5 мм. В них вставляют отрезки фторопластовых трубок такого же диаметра длиной 2...2,5 мм, в которые вставляют вывод НЭ капсюля, конденсаторы С1 и С2 (точка 1), а также выводы конденсаторов С2 и С3, резистора R2 и сетки лампы VL1 (точка 2), после чего внутренность трубок заливают припоем. Оксидный конденсатор С8 установлен со стороны печатных проводников (см. рис. 7,б).

При травлении печатной платы ПУ нежелательно использовать хлорное железо, невымытые остатки которого в высокоомных цепях приводят к шорохам и нежелательным шумам. В Интернете [12] предложен недорогой состав одноразового травящего раствора, мало загрязняющего плату: 100 мл аптечной перекиси водорода (трёхпроцентный раствор), 30 г лимонной кислоты и 5 г поваренной соли (на 1 дм^2 платы с фольгой толщиной 35 мкм). Травящий раствор желательно нагреть в водяной бане до 50...60 °С; готовую плату нужно промыть слабым раствором уксусной кислоты и затем дистиллированной водой.

Для подключения собранного блока СНН к микрофону следует изготовить из кабеля КММ-4 четырёхпроводный шнур длиной 2...2,5 м. Провода с одного конца кабеля распаивают на соединитель XS1 типа XLR-3 (розетка), с другого конца распаять провода на плату стабилизатора накала в соответствии со схемой рис. 2. К соединителю XP1 стабилизатора (см. рис. 2) подключить внешний сетевой источник напряжения +9...12 В, на контакты 2 и 3 соединителя XP2 (вилка XLR-3) подключить через резисторы сопротивлением 6,8 кОм напряжение +48 В. Измерить напряжения на контактах соединителя XS1 относительно контакта 1: на контактах 2, 3 — +48 В, на контакте 4 — +6 В.

При налаживании смонтированного ПУ контактные площадки 1—4 его платы следует подключить к соединителю XP1 (вилка XLR-3, см. рис. 1). На вход ПУ (точка 1, рис. 1) припаивают керамический конденсатор ёмкостью 62 пФ как эквивалент капсюля. Контакты переключателей SA1 и SA2 — в разомкнутом положении. Между выходом ПУ (контакт 2 соединителя XP1) и общим проводом через конденсатор ёмкостью 10 мкФ на 63 В подключают нагрузку в виде резистора сопротивлением 1,5 кОм. Плату ПУ следует поместить в закрываемую металлическую коробку (экран), кото-



Рис. 7

рую соединяют с общим проводом. Розетку XS1 шнура стабилизатора напряжения накала соединяют с вилкой XP1 предусилителя.

Сначала проверяют режимы ПУ по постоянному току. Напряжение в точках соединения коллекторов выходных транзисторов VT2, VT3 должно быть +6,5±0,5 В. При выходе за указанные пределы следует подобрать резистор R4. Постоянное напряжение поляризации следует измерять электростатическим вольтметром или электронным вольтметром с входным сопротивлением не менее 30 МОм.

К свободному выводу конденсатора ёмкостью 62 пФ и общему проводу подключают звуковой генератор, на котором устанавливают частоту колебаний 1 кГц и напряжение 1 В. Затем измеряют напряжение на выходе ПУ и определяют коэффициент его передачи, который должен быть в пределах 0,85...0,95. Проверяют АЧХ предусилителя в полосе частот 20...20000 Гц; неравномерность не должна превышать ±0,5 дБ.

Увеличивая напряжение генератора до 3 В, убеждаются в симметрии ограничения выходного напряжения на выходе. Размах неискажённого сигнала на выходе ПУ — не менее 6 В. На этом налаживание заканчивается.

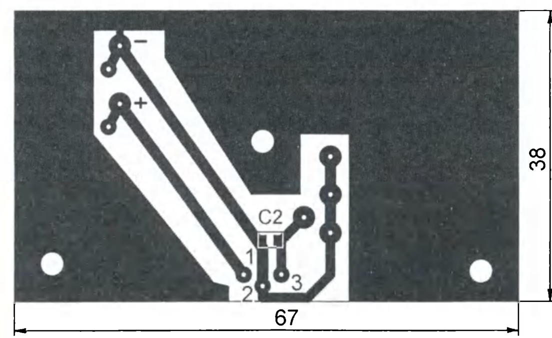
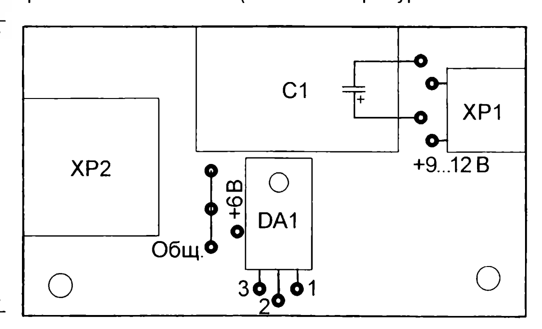


Рис. 8



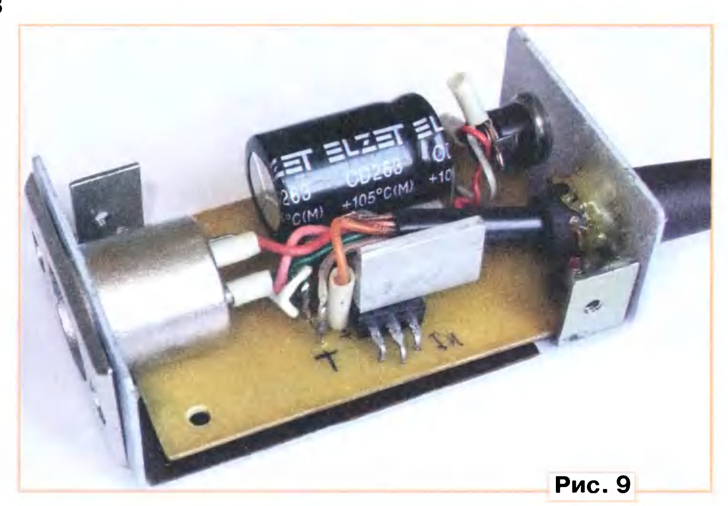


Рис. 9

После этого плату ПУ следует вновь тщательно промыть спиртобензиновой смесью с обеих сторон, чтобы исключить всякие утечки по поверхности платы.

Налаженную плату предусилителя устанавливают в корпус микрофона МК-319 вместо заводской. Нужно помнить, что разборка и последующая модификация микрофона влекут потерю права на его бесплатный ремонт в течение гарантийного срока. Работы с микрофоном нужно выполнять предельно аккуратно и осторожно, так как при обрыве мембраны ремонт капсюля в домашних условиях выполнить невозможно.

Разборку конденсаторного микрофона МК-319 проводят в следующем порядке.

1. Отвинчивают четыре винта по углам платы переключателей.

2. Поднимают плату переключателей, вывинчивают два винта (снизу) и отделяют лицевую панель переключателей от печатной платы.

3. Снимают защитную сетку микрофона, отвинтив четыре винта крепления.

4. Хотя мембраны капсюлей микрофона имеют защитные пластмассовые крышки, следует усилить защиту мембран от попадания пыли и мелкого мусора во время работы с микрофоном. Проще всего изготовить защитный чехол из плотной бумаги или материи и плотно надеть его на крышки капсюлей.

5. Далее следует отвернуть накидную гайку снизу микрофона и снять кронштейн крепления микрофона к стойке.

6. Вывёртывают винт (внизу на корпусе микрофона) и, прижав плату переключателей к печатной плате предусилителя, осторожно вытаскивают (в сторону капсюлей) всё внутреннее устройство из корпуса микрофона.

7. Определив выводы мембраны и неподвижного электрода капсюля, помечают их и отпаивают.

8. Три проводника, идущих к разъёму XLR, отпаивают от заменяемой печатной платы.

9. Отвинчивают два винта снизу и два винта сверху крепления заменяемой платы предусилителя к разъёму и узлу крепления капсюлей.

После установки печатной платы нового ПУ в конденсаторный микрофон МК-319 проводят сборку микрофона в последующем порядке.

10. Печатную плату лампового ПУ закрепляют четырьмя винтами к разъёму XLR-3 и узлу крепления капсюлей.

11. Припаивают четыре проводника от разъёма XLR к точкам 1—4 новой платы, учитывая цоколёвку разъёма (см. рис. 1, рис. 7,а).

12. Припаивают проводники от капсюля к точкам 1 и 2 платы лампового ПУ.

13. Соединение элементов C1, C3, R1, SA1 и SA2 выполняют в соответствии со схемой рис. 1.

Далее для сборки микрофона выполняют пункты 1—6 в обратном порядке.

Окончательная проверка состоит в подключении микрофона через блок СНН к разъёму симметричного входа микшерного пульта или компьютерного интерфейса с фантомным питанием 48 В и в испытании микрофона совместно со звукоусилительным оборудованием или звукозаписывающей аппаратурой.

Качество звукопередачи двух микрофонов (один выбран за эталон) проще всего сравнивать, разделив процессы записи и прослушивания. Записывать сигналы с микрофонов следует с использованием высококачественной аппаратуры звукозаписи (частота дискретизации — 96 или 192 кГц, число разрядов — 20/24 бит, формат записи — без компрессии, например wav).

Оба микрофона устанавливают рядом на минимальном расстоянии и записывают звучания различных музыкальных инструментов (аккордеон, скрипка, фортепиано, труба и т. п.) и вокалистов. Записи могут быть короткими — по 30...45 с.

За неимением экспертов для сравнительных прослушиваний важно выбрать пять-шесть человек с хорошим слухом в возрасте 16...35 лет (музыкальное образование желательно, но не обязательно). Аппаратура воспроизведения должна быть высококачественной и одинаковой для обоих микрофонов. Эксперты прослушивают фонограммы, чередуя случайным образом записи с образцового и испытуемого микрофонов, и делают оценки каждой фонограммы по пятибальной системе. Полученные оценки по каждому из микрофонов усредняют, определив математическое ожидание (среднее значение) и среднеквадратическое отклонение (разброс оценок) [3]. При такой методике субъективные оценки выбранных слушателей становятся условно-объективными.

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-83-05
Вопросы: consult@radio.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филатов К. В., Филатов А. К.** Частотные характеристики чувствительности популярных микрофонов конца XX века. — Деп. рук. монографии в ВИНИТИ № 1334-В20032003; 3,4 п. л.

2. ГОСТ 16123-88. Микрофоны. Методы измерений электроакустических параметров.

3. **Филатов К. В.** Конденсаторные микрофоны с диафрагмами из разных материалов. — Мир измерений, 2014, № 6, с. 41—46.

4. ОАО "Октава". — URL: **https://www.oktavatula.ru** (15.08.16).

5. **Филатов К. В.** Студийный микрофон МК-220 с новым предусилителем. — Радио, 2006, № 2, с. 15—17; № 3, с. 16—18.

6. Микрофоны Telefunken. — URL: **http://www.telefunken-mics.ru** (15.08.16).

7. Справочные данные. 6С51Н. — URL: **http://next-tube.com/ru/datasheets.php** (15.08.16).

8. **Филатов К. В.** Отношение сигнал-шум конденсаторного микрофона. — Радиотехника, 2007, № 4, с. 27—31.

9. **Филатов К. В., Филатов А. К.** Измерения акустических частотных характеристик. — Мир измерений, 2010, № 6, с. 54—58.

10. **Филатов К. В.** Измерение частотных характеристик излучателей и микрофонов в не полностью заглушенных помещениях. — Телекоммуникации, 2008, № 10, с. 46—48.

11. **Филатов К. В.** Определение шумовых характеристик микрофонов в не полностью заглушенных помещениях. — Телекоммуникации, 2011, № 7, с. 7—13.

12. Безопасный общедоступный состав для травления меди в домашних условиях. — **http://radiokot.ru/lab/hardwork/62** (15.08.16).

***От редакции**. В Интернете встречаются различные варианты цоколёвки триода 6С51Н. Ниже приведена цоколёвка нувистора с нумерацией и назначением выводов.*



Номер вывода	Наименование электродов
2	Анод
4	Сетка
8	Катод
10 и 12	Подогреватель
11	Отсутствует
1,3,5, 6,7,9	Обрезаны

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. 10 октября филиал РТРС "РТПЦ Республики Башкортостан" начал тестовую трансляцию "Радио России" на частоте 89,5 МГц в г. Уфе. Запуск передатчика приурочен ко Дню Республики Башкортостан 11 октября (источник — URL: **http://ufa.rtrs.ru/news/read/305/** (24.10.16)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Весна FM" появилась в эфире г. Старый Оскол на частоте 90,6 МГц. В эфире станции звучат популярные эстрадные песни и золотые хиты всех времён. Трансляция организована специалистами филиала РТРС "Белгородский ОРТПЦ" (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/news/read/1175/** (24.10.16)).

БЛАГОВЕЩЕНСК. Радиостанция "Маяк" в г. Благовещенске с 23 сентября звучит на новой частоте — 90,2 МГц. С этого же дня "Маяк" больше не транслируется в диапазоне OIRT. Переход на новую частоту осуществлён силами филиала РТРС "Амурский ОРТПЦ" (источник — URL: **http://amur.rtrs.ru/news/read/217/** (24.10.16)).

БРЯНСК. Филиал РТРС "Брянский ОРТПЦ" начал тестовую трансляцию радиостанции "Спорт FM" в г. Брянске на частоте 87,5 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт. Во время тестового вещания возможны кратковременные отключения трансляции (источник — URL: **http://bryansk.rtrs.ru/news/read/299/** (24.10.16)).

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. "Наше радио" появилось в эфире г. Череповца на частоте 105,4 МГц. На сегодняшний день станция вещает в 80 городах России, а также в Казахстане и Финляндии (источник — URL: **http://nsn.fm/hots/nashe-radio-nachalo-veshchanie-v-cherepovtse.php** (24.10.16)).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛ. 7 октября филиал РТРС "Ивановский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Серебряный дождь" в областном центре на частоте 88,6 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **http://ivanovo.rtrs.ru/news/read/131/** (24.10.16)).

Этот же филиал РТРС запустил в эксплуатацию передатчики с программами "Вести FM" и "Радио России" в г. Иванове на частотах 100,7 и 89,1 МГц соответственно. Мощность каждого передатчика — 1 кВт. Одновременно прекращена трансляция "Радио России" на частоте 71,21 МГц (источник — URL: **http://ivanovo.rtrs.ru/news/read/132/** (24.10.16)).

КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ. Южных городов в сети радиостанции "Energy" ("Энергия") стало больше. 1 октября станция появилась в столице республики в г. Нальчике на частоте 100,7 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/?an=news-page&uid=104429** (24.10.16)).

КАЗАНЬ. 19 октября в столице Татарстана на частоте 96,8 МГц началась трансляция радиостанции "Наше радио". Станция выиграла конкурс Роскомнадзора на получение радиочастоты ещё в 2014 г. Сегодня "Наше радио" вещает в 77 городах России, подготовка к запуску идёт ещё в 27 городах (источник — URL: **http://www.kazanreporter.ru/news/view?id=11961** (24.10.16)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Калужский ОРТПЦ" начал трансляцию программы "Радио России" в городах Калуге на частоте 104,3 МГц и Обнинске на частоте 106,4 МГц. Мощность передатчиков — 1 и 0,5 кВт соответственно.

"Радио России" прекратило вещание в Обнинске на частоте 73,13 МГц и в Калуге на частоте 66,23 МГц (источник — URL: **http://kaluga.rtrs.ru/news/read/175/** (24.10.16)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 1 октября в городах Новокузнецке и Междуреченске произведено включение передатчиков "Радио России". На частоте 97,9 МГц — в г. Новокузнецке, на частоте 100,8 МГц — в г. Междуреченске (источник — URL: **http://vesti42.ru/news/events/00031032/** (24.10.16)).

15 октября к сети "Love Radio" присоединился г. Кемерово. Частота вещания — 88,4 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/3760.html** (24.10.16)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. Популярная музыкальная радиостанция "Best FM" появилась в эфире г. Ачинска на частоте 107,9 МГц. Слоган станции: "Best FM — лучшее радио". Станция транслируется и на территории Москвы и Московской области (частота вещания — 100,5 МГц), в Архангельске — на частоте 104,2 МГц и Уссурийске — на частоте 87,5 МГц.

Музыкальный эфир "Best FM" наполняют динамичные, энергичные и танцевальные композиции лучших российских и западных исполнителей (источник — URL: **http://bestfm.ru/2016/10/best-fm-luchshee-radio-v-achinske/** (24.10.16)).

КУРСК. В Курском радиотелецентре начались строительно-монтажные работы по установке нового оборудования. Самая сложная часть работ — установка новой передающей антенны. Радиослушатели, кроме новых частот, получат ещё одну радиостанцию — "Вести FM".

"Радио России" планируется транслировать на частоте 107,1 МГц, "Маяк" — на частоте 95,3 МГц, "Вести FM" — на частоте 102,9 МГц (источник — URL: **http://gtrkkursk.ru/lenta-novostei/27092016162547_l.html** (24.10.16)).

7 октября 2016 г. на волне 96 МГц жители г. Курска впервые в своём городе услышали программы радиостанции "Наше радио" (источник — URL: **http://multimediaholding.ru/?p=1655** (24.10.16)).

20 октября к сети вещания "Love Radio" присоединился г. Курск. Частота вещания — 99,3 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/3772.html** (24.10.16)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "DFM Орск" на протяжении пяти лет радует слушателей городов Орска и Новотроицка своими танцевальными треками. В начале октября программы "Динамит FM" (DFM) стали возможным принимать в городах Кувандыке и Медногорске на частоте 101,7 МГц. В конце октября такую же возможность получили жители г. Ясного и п. Светлого на частоте 103,2 МГц.

Во всех указанных населённых пунктах транслируется федеральный выпуск программы станции со вставками "DFM Орск" (источники — URL: **http://www.dfm.ru/press/news/hotnews/**

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

2068841/ и http://www.окувандык.рф/index.php?option=com_content&view=article&id=12352:dfm-&catid=12:2010-12-26-14-57-49&Itemid=2 (24.10.16)).

Примечание*. Радиостанция была создана в 2000 г. и тогда носила название "Радио Динамит". Со временем название менялось, и в результате полномасштабного ребрендинга сократилось до уже привычной аббревиатуры DFM. Все эти годы эта радиостанция удерживает лидирующие позиции в списке танцевальных станций России.*

ПЕТРОЗАВОДСК. Новая для столицы Карелии радиостанция "Спорт FM" начала вещание в эфире г. Петрозаводска 16 сентября на частоте 101,8 МГц (источник — URL: **http://vse.karelia.ru/news/?id=34477** (24.10.16)).

ПСКОВ. 1 октября филиал РТРС "Псковский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" на частоте 91,1 МГц, мощность передатчика — 1 кВт. Одновременно вещание этой радиостанции прекращено на частоте 66,05 МГц (источник — URL: **http://pskov.rtrs.ru/news/read/162/** (24.10.16)).

С 1 декабря в Псковской области из-за износа оборудования и отсутствия технической возможности его замены прекратится проводное радиовещание. Однако филиал ПАО "Ростелеком" по Новгородской и Псковской областям может обеспечить население эфирными радиоприёмниками. Они, в отличие от приёмников проводного вещания, принимают не только две основные радиостанции — "Маяк" и "Радио России", но и все другие, транслируемые в Псковской области (источник — URL: **http://informpskov.ru/news/224819.html** (24.10.16)).

СЫКТЫВКАР. Филиал РТРС "РТПЦ Республики Коми" начал трансляцию радиостанций "Радио России" и "Маяк" в CCIR-диапазоне в столице республики г. Сыктывкаре на частотах 91,6 и 90,8 МГц соответственно (источник — URL: **http://komi.rtrs.ru/news/read/266/** (24.10.16)).

ТАМБОВ. 5 октября филиал РТРС "Тамбовский ОРТПЦ" начал трансляцию программ "Звезда FM" на частоте 101,8 МГц, мощность передатчика — 500 Вт (источник — URL: **http://tambov.rtrs.ru/news/read/230/** (24.10.16)).

УЛАН-УДЭ. Радиостанция "Комсомольская правда" начала работать в эфире столицы республики 15 сентября 2016 г. на частоте 90,4 МГц (источник — URL: **http://www.infpol.ru/news/society/119557-v-ulan-ude-zarabotalo-novoe-radio/** (24.10.16)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АВСТРИЯ. Расписание трансляций "ТрансМирового радио" (TWR Europe) на русском языке:

— на частоте 864 кГц (передатчик в Армении, мощность — 1000 кВт) — с 16.40 до 17.10 с понедельника по пятницу;

— на частоте 999 кГц с использованием 500-киловаттного передатчика (пос. Маяк, Приднестровье) — ежедневно с 19.00 до 20.30 на русском, белорусском и украинском языках.

Трансляции для стран Центральной Азии (TWR CA) на русском языке — на частоте 1467 кГц (500 кВт, пос. Красная Речка, Киргизия) в эфире с 17.46 до 18.01 с понедельника по пятницу. Вещание на частоте 1287 кГц для этого региона прекращено в конце октября.

АЛБАНИЯ. С 1 января 2017 г. прекращается эксплуатация 500-киловаттного передатчика, работающего на частоте 1395 кГц в местечке Fillake. С 1992 г. его активно использовала религиозная организация "ТрансМировое радио" ("Trans World Radio").

До 2003 г. передатчик транслировал программы этой станции и на русском языке, а в последние годы — только на языках стран Южной и Центральной Европы. Этот передатчик был изготовлен специалистами Китайской Народной Республики в 1967 г. (источник — URL: **http://mt-shortwave.blogspot.ru/2016/10/twr-europe-from-albania-to-close-medium.html** (24.10.16)).

От автора рубрики. Начиная с 1 января 2017 г. программы "ТрансМирового радио", ранее выходившие в эфир на частоте 1395 кГц, будут размещены на других радиоцентрах.

Программы на польском языке будут транслироваться на частоте 1467 кГц с использованием передатчика в Roumoules (Франция). Передачи на хорватском языке планируется организовать через местную сеть УКВ-станций. Программы на румынском языке выйдут на частоте 999 кГц, а все прочие — на частоте 1548 кГц (радиоцентр в посёлке Маяк, Приднестровье).

АЛЯСКА/США. Полное частотное расписание радиостанции KNLS с трансляцией религиозных программ на русском языке в зимнем сезоне:

— в 09.00, 11.00, и 15.00 — на частоте 9680 кГц, длительность каждой программы — один час, мощность передатчика — 100 кВт, направление вещания — дальневосточный регион России;

— с 16.00 до 18.00 — на частоте 6190 кГц (источник — URL: **http://www.knls.net/rus/schedule.htm** (24.10.16)).

КОРЕЯ. Радиостанция "KBS World Radio" на русском языке в зимнем сезоне транслирует ежедневные программы с 13.00 на частоте 9645 и с 18.00 на частоте 7235 кГц, их продолжительность — один час.

В 02.30, 06.30, 10.30, 13.30, 17.30, 20.00 ежедневно, а также в 22.30 (кроме субботы), в 08.00 (кроме воскресенья) транслируются специальные укороченные выпуски для Москвы и Подмосковья на частоте 738 кГц (сеть "World Radio Network").

МАДАГАСКАР. Радиостанция "Madagascar World Voice" (MWV) в зимнем сезоне транслирует передачи на русском языке по следующему расписанию:

— 18.00—19.00 — на частоте 9570 кГц;

— 19.00—20.00 — на частоте 9495 кГц.

Используется передатчик мощностью 100 кВт (источник — URL: **http://www.knls.net/rus/schedule.htm** (24.10.16)).

МОЛДОВА. Радиостанция "Русское радио" вновь звучит на территории Республики Молдова. После перезапуска она существенно увеличила охват аудитории. С 15 сентября число городов вещания станции в этой стране увеличилось до 16.

"Русское Радио" можно услышать на следующих частотах: 105,9 МГц — в г. Кишинёве; 101,7 МГц — в г. Липкань; 103,4 МГц — в г. Аннений Ной; 104 МГц — в г. Сынжерей; 107 МГц — в г. Тараклия; 103,1 МГц — в г. Сороки; 104,4 МГц — в г. Дондушень; 106,4 МГц — в г. Единец; 98,4 МГц — в г. Глодяны; 102,4 МГц — в г. Кантемир; 103,9 МГц — в г. Бельцы; 106,3 МГц — в г. Отачь; 101,9 МГц — в г. Резина; 106,7 МГц — в г. Вулканешты; 106,6 МГц — в г. Фалешты; 102,6 МГц — в г. Бричаны (источник — URL: **http://mediaguide.ru/?p=news&id=57e83693&page=&screen=** (24.10.16)).

РУМЫНИЯ. Русская служба "ИнтерРадио Румыния" в зимнем сезоне продолжает своё вещание по следующему расписанию:

— 05.30—05.56 — на частотах 7330 и 5940 (DRM) кГц;

— 14.00—14.56 — на частотах 9880 и 11985 кГц;

— 16.00—16.26 — на частотах 9800 и 6030 (DRM) кГц.

Это расписание объявляет станция в эфире.

"ИнтерРадио Румыния" с программами на украинском языке с 30 октября в эфире:

— с 16.00 до 16.30 и с 18.00 до 18.30 — на частоте 5955 кГц;

— с 20.00 до 20.30 — на частоте 6030 кГц (источник — URL: **http://www.rri.ro/uk_uk/frecvente-263** (24.10.16)).

Радиостанция "Antena Satelor", транслирующая в основном программы внутреннего вещания на румынском языке, ежедневно передаёт небольшой блок информации, начинающийся в 09.10, о гидрологической ситуации на Дунае на всём его протяжении. Этот выпуск так и называется — "Buletin Gidrologic". Он звучит на языках практически всех стран Европы. До сих пор сохранилась и сводка на русском языке: в общей сложности весь бюллетень звучит от 5 до 10 мин на частоте 153 кГц, мощность передатчика — 200 кВт.

США/ЛИТВА. "Радио Свобода" на русском языке в зимнем сезоне работает (передатчик мощностью 75 кВт в Ситкунае, Литва) по следующему расписанию: 00.00— 03.00, 18.00— 19.00 и 21.00— 24.00 — на частоте 1386 кГц.

ТАЙВАНЬ. "Международное радио Тайваня" с программами на русском языке в эфире работает три раза в сутки:

— 11.00—12.00 — на частоте 11985 кГц (для Дальнего Востока);

— 14.00—15.00 — на частоте 9590 кГц (Сибирь и Центральная Азия);

— 17.00—18.00 — на частоте 9800 кГц (европейская часть России и стран СНГ) (источник — URL: **http://russian.rti.org.tw/whatsNew/?recordId=20247** (24.10.16)).

ЭСТОНИЯ. С сентября в уезде Ида-Вирумаа (северо-восточный регион Эстонии, граничит с Россией, население преимущественно русскоязычное) начала своё вещание любимая многими музыкальная радиостанция "Волна". Её можно услышать на частоте 97,7 МГц в городах Нарва, Кохтла-Ярве, Силламяэ и Йыхви (источник — URL: **http://rus.delfi.ee/daily/virumaa/radiostanciya-volna-nachala-veschanie-v-ida-virumaa? id=75744881** (24.10.16)).

Хорошего приёма и 73!

Кварцевые лестничные фильтры на частоту 30...70 МГц. Часть 6

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Фильтры на частоту 70455 кГц для трансиверов Yaesu

В "объёмных" трансиверах 90-х годов прошлого века можно найти много вариантов улучшения параметров приёмного тракта за счёт применения дополнительных относительно несложных кварцевых фильтров.

Фильтры QF2

Продолжим "классику" фильтров на двух резонаторах с малым импедансом. В большинстве случаев они не требуют симметрирования, обеспечивают подавления паразитных резонансов не менее 26 дБ без предварительного отбора и не менее 50 дБ при подборе. В партии из восьми резонаторов 70460-24 среднего качества были составлены уровню −3 дБ (**рис. 6.1**), но с "промахом" по центральной частоте — 70450 вместо 70455 кГц. С резонаторами 70465-24 всё было бы идеально на частоте 70455 кГц.

Малое сопротивление резонаторов, несмотря на импеданс фильтра 15 Ом, обеспечило потери в полосе пропускания не более 4,4 дБ. Ёмкость всех конденсаторов в фильтре — 82 пФ. Этот фильтр хорошо подавит шум на частоте зеркального канала на первой ПЧ и в целом значительно улучшит избирательность приёмника.

На резонаторах 70460-24 в фильтре с импедансом 50 Ом получился фильтр (**рис. 6.2**) с центральной частотой 70453 кГц, затухание в полосе пропускания стало меньше — 2,8 дБ, и его уже можно установить после пассивного

Фильтр QF4 с плоской вершиной 12 кГц

В этом примере ставилась задача получить на четырёх резонаторах фильтр с плоской вершиной и малыми потерями (не более 2 дБ). Для этого придётся увеличить импеданс до оптимального значения, чтобы не чрезмерно росли потери от согласующих цепей. При Z = 180 Ом "нашлись" идеально плоская вершина протяжённостью 12 кГц и крутые скаты (**рис. 6.3**).

С резонаторами 70459-24 центральная частота — 70460 кГц, и для повторения конструкции с центральной частотой 70455 кГц нужны резонаторы 70454-24. И в этом примере симметрирования АЧХ не проводилось.

Прямоугольность получится хорошей, если резонаторы подобрать с отклонением по $F_{пос}$ не более 500 Гц. В этом фильтре так и было сделано, но у трёх резонаторов совпали паразитные резонансы на частоте 70550 кГц. Ситуацию спас четвёртый резонатор, у которого подавление на этой частоте было около 40 дБ, поэтому общее подавление за полосой пропускания — не менее 50 дБ.

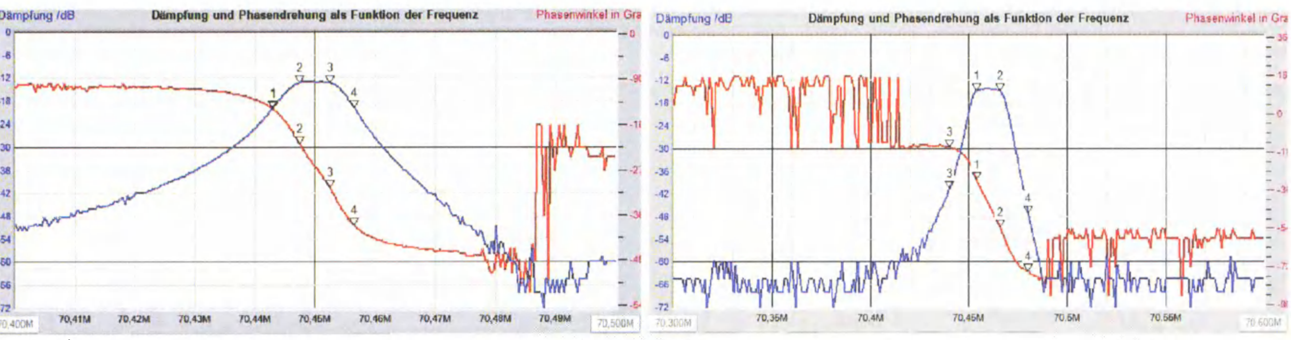


Рис. 6.1

Рис. 6.3

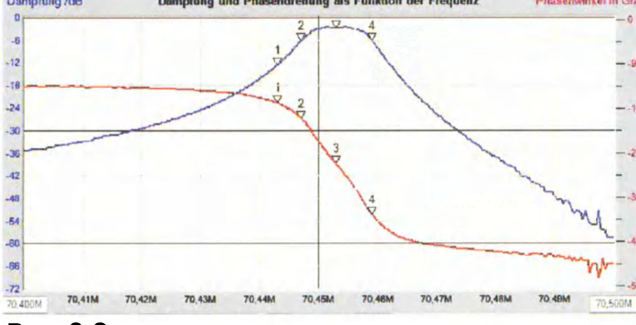


Рис. 6.2

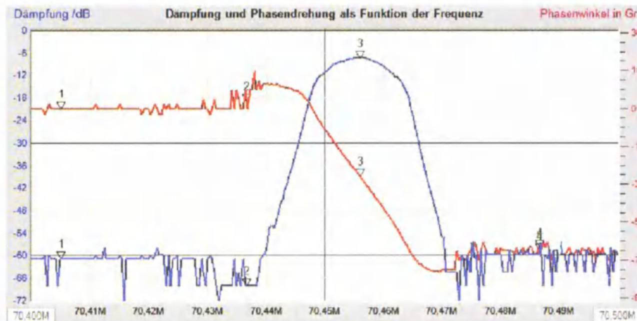


Рис. 6.4

четыре пары по совпадению частоты их последовательного резонанса $F_{пос}$. Это — важнейший момент для таких фильтров, так как центральная частота АЧХ будет только на несколько килогерц больше $F_{пос}$. Динамическое сопротивление резонаторов было 6...11 Ом, и для эксперимента выбрана пара с самыми низкими значениями. В результате получился "красивый" фильтр с плоской вершиной протяжённостью 5 кГц, полосой пропускания 10 кГц по

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2016, № 7—11

смесителя, но для этого надо подобрать кварцы по несовпадению паразитных резонансов. ЧХ измерялись без внешнего аттенюатора (−6 дБ), поэтому паразитная ёмкость короткого кабеля вошла "в настройку". В этом фильтре для "выхода" на частоту 70455 кГц потребовались бы резонаторы 70462-24.

Чтобы на резонаторах 70460-24 фильтр "попал" на центральную частоту 70455 кГц, его импеданс должен быть около 70 Ом, при этом потери в полосе пропускания не превысят 2,6 дБ, а протяжённость плоской вершины будет около 9 кГц.

Фильтр QF6 для приёма ЧМ и ФМ

В приёмниках с малой дисперсией ГВЗ (групповое время запаздывания), предназначенных для приёма сигналов ЧМ, ФМ, цифровых видов модуляции и в анализаторах спектра, нужна полукруглая вершина АЧХ, чтобы ФЧХ была линейной. Для получения такого фильтра выбран импеданс 100 Ом, ёмкость крайних конденсаторов должна быть 0,2...0,3С. В фильтре применены резонаторы 70460-24 (**рис. 6.4**), минимальные потери в полосе пропускания — 2 дБ. Для точного попадания на частоту 70455 кГц надо заказать резонаторы

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

70459-24. Полоса пропускания фильтра составляет 9 кГц (по уровню −3 дБ), подавление за полосой — не менее 56 дБ (до 80 дБ). Резонаторы были среднего качества и выбраны из партии из 8 штук. Катушки индуктивности не применялись.

Лестничные фильтры с полукруглой АЧХ всегда выигрывают по потерям по отношению к фильтрам с плоской вершиной, в этом случае — примерно 3 дБ. Но форма АЧХ для приёма АМ и SSB в плане качества сигнала уже не совсем хорошая. Выигрыш по энергии несущей по центру влечёт за собой потери по информативности спектра. Но это дело разработчика — выбрать компромисс.

Если этот фильтр дополнить вторым фильтром на трёх резонаторах, можно получить суммарное заграждение за полосой пропускания не менее 100 дБ и построить тракт ПЧ для анализатора спектра.

Мостовые фильтры

На частотах до 10,7 МГц высококачественные фильтры можно собрать по мостовой схеме, и хотелось бы понять, возможно ли их сделать на частотах 30...70 МГц на резонаторах, работающих на первой гармонике.

В мостовых фильтрах резонаторы работают не как связанные контуры, а используют их смещение по частоте. Поскольку в наличии были резонаторы высокого качества (см. рис. 2.9) 55844-24 и 55851-24 из партии одного производственного цикла, я собрал макет на четырёх резонаторах. Его АЧХ сформировалась сразу (**рис. 6.5**) при импедансе 140 Ом. Как и ожидалось, у АЧХ фильтра резкий переход от вершины к крутым скатам, что резко улучшает коэффициент прямоугольности $К_{П(3/40)}$ = 3. Для двух таких фильтров $К_{П(6/80)}$ = 3, а это уже профессиональный уровень! Форма АЧХ — симметричная, но смущают завышенные потери в полосе пропускания. Это обусловлено тем, что для ускорения эксперимента были применены готовые трансформаторы Т-622 фирмы Minicircuits, которые на частоте 56 МГц уже "хромают" на 2...3 дБ из-за паразитных реактивных составляющих, если импеданс превышает 50 Ом. Симметрия трансформатора при этом хорошая.

В мостовых фильтрах паразитные резонансы обычно проявляются сильнее. Но в данном эксперименте они не превысили уровень −27 дБ (**рис. 6.6**), что не так уж плохо для фильтра на "быструю руку". Для ваших размышлений приведу схему фильтра (**рис. 6.7**). Здесь применены резонаторы с разносом $F_{пос}$ не менее 5 кГц, причём $F_{ZQ1} = F_{ZQ4}$ и $F_{ZQ2} = F_{ZQ3}$. Конденсаторы C4 и C5 "отвечают" за стыковку, их подбирают для получения плоской вершины АЧХ без провала.

Конденсаторы у трансформаторов предназначены для компенсации паразитных индуктивностей обмоток. Ёмкость конденсаторов на частоте 35 МГц — 15...33 пФ. Лучший результат будет, если их равномерно распределить по обмоткам. На практике сначала подбирают конденсатор C1 (или C8) по критерию максимального уровня сигнала в полосе пропускания. Потом надо поделить полученное значение ёмкости на три и установить конденсаторы C1 = C2 = C3 с такой ёмкостью. Подборкой конденсаторов C2, C3 (C6, C7) проводят балансирование по критерию наилучшего заграждения за полосой пропускания, и затем конденсаторами C1 и C8 добиваются максимальной амплитуды сигнала в полосе пропускания, без нарушения плоскости вершины АЧХ.

Для правильного положения центра АЧХ на частоте 55844,5...55845 кГц надо было иметь под рукой резонаторы 55852-24 и 55845-24, да ещё высокого качества.

В другом мостовом фильтре на резонаторах 55844-24 и 55844-12 (это соответствует 55839-24) частоты резонаторов отличались примерно на 5...6 кГц, и можно установить правило, что полоса пропускания фильтра будет примерно вдвое больше разности частот $F_{пос}$ резонаторов (**рис. 6.8**).

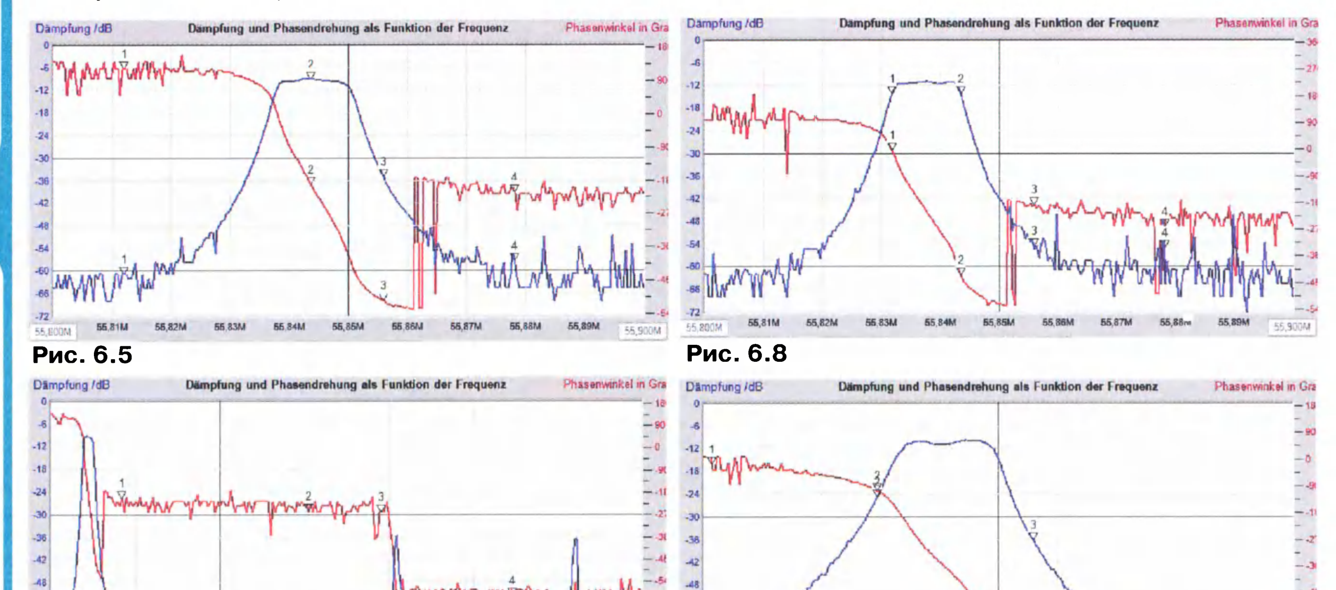


Рис. 6.5

Рис. 6.8

Рис. 6.6

Рис. 6.9

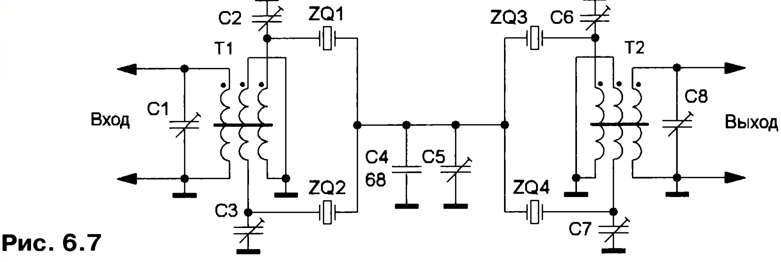


Рис. 6.7

С резонаторами 55844-12 (соответствует 55839-24) и 55851-24 импеданс фильтра увеличился в два раза — 290 Ом, и полоса пропускания стала шире — 15 кГц (**рис. 6.9**). Но настройка фильтра очень капризная из-за сильного влияния паразитных ёмкостей, на краях вершины АЧХ уже закруглена.

Результаты макетирования показали, что мостовые фильтры на резонаторах, работающих на первой гармонике на частотах 30...70 МГц, реализуемы. Од-

нако пологая АЧХ самих резонаторов создаст сравнительно небольшую разницу в плечах моста, из-за чего потери в полосе пропускания сравнительно большие (6...10 дБ на четырёх резонаторах), и это не позволит построить фильтры с полосой пропускания менее 10 кГц (на частоте 50 МГц). К трансформаторам предъявляются высокие требования по добротности, поэтому широкополосные трансформаторы малопригодны, они хорошо работают только до частоты 20 МГц. Фильтры обладают хорошей формой АЧХ и прямоугольностью. При этом самые критичные параметры — качество резонаторов и отсутствие паразитных резонансов. Поэтому этот тип фильтров требует особой договорённости с изготовителем резонаторов, и на случайность надеяться не стоит. Для радиолюбительской практики этот фильтр очень сложный и мало предсказуемый при реализации.

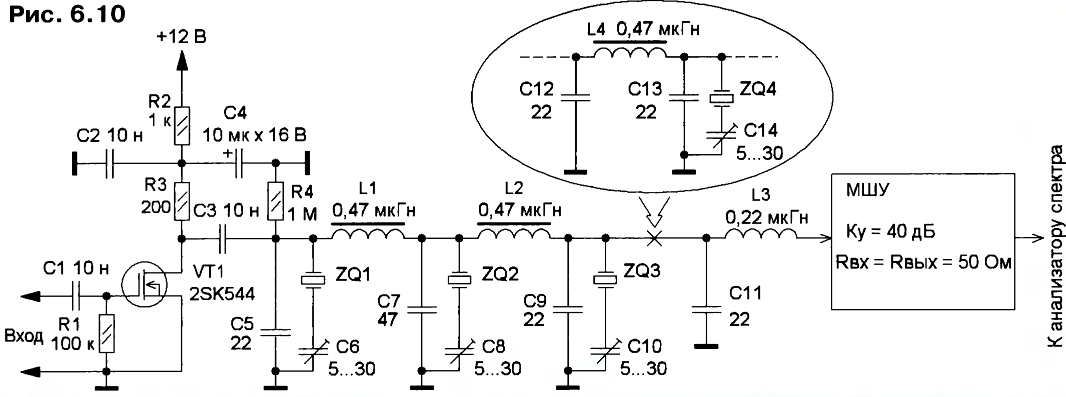
Режекторный фильтр на частоту 60122 кГц

Первый гетеродин качественного приёмника существенно влияет на помехоустойчивость в основном за счёт шума вблизи основной спектральной линии. Существуют несколько способов измерения уровня этих шумов, и в большинстве случаев для этого требуется дорогостоящая измерительная аппаратура. Один из способов — прямое измерение этих шумов. Он напоминает способ, с помощью которого астрономы фотографируют солнечную корону при полном солнечном затмении. Когда Луна полностью закрывает ярко светящийся диск Солнца, становится видно всё происходящее в её короне вблизи поверхности.

Чтобы при прямом измерении боковых шумов не "ослепить" измерительный прибор, нужно "затмение" для основной линии в спектре. Тогда можно с помощью недорогого анализатора спектра (или измерительного приёмника) измерить шумы с уровнем нескольких микровольт. Для этого потребуется режекторный фильтр, настроенный на частоту гетеродина. Схема такого фильтра показана на **рис. 6.10**, а его АЧХ (на трёх резонаторах) — на **рис. 6.11**. Здесь и далее разрешение по вертикали — 10 дБ/дел.

Макет был сделан на резонаторах 60127-24 среднего качества. Частота собственного резонанса $F_{пос}$ = = 60117 кГц, и в данной партии разброс был не более ±1 кГц. Фильтр можно без особого ухудшения параметров перестраивать в диапазоне частот 60119...60132 кГц. Для проверки работы ФАПЧ в приёмнике TECSUN S-2000 (и аналогичных) надо настроить фильтр на частоту, кратную двум, я выбрал 60122 кГц.

Рис. 6.10



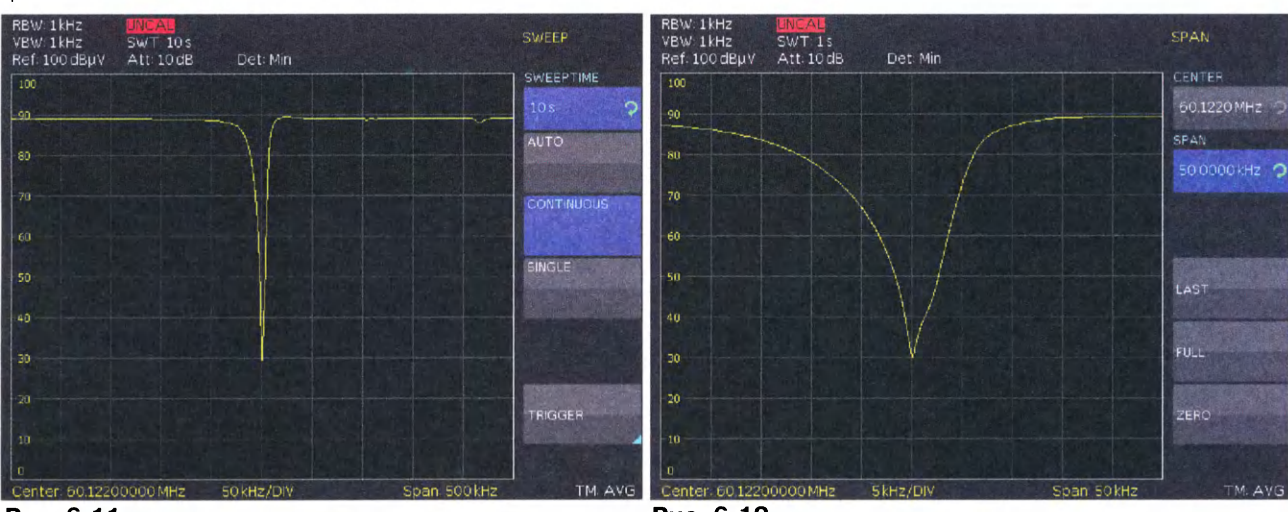


Рис. 6.11 **Рис. 6.12**



Рис. 6.13

Импеданс тракта — 200 Ом, поэтому с помощью одного резонатора можно обеспечить подавление 18...26 дБ. Хорошая экранировка позволит с помощью такого фильтра на 4, 5 и 6 резонаторах добиться подавления сигнала на 70, 85 и 100 дБ соответственно. Нет смысла устанавливать в один фильтр без экранировки более трёх резонаторов, но и они обеспечат подавление до 58 дБ, и иногда даже этого достаточно.

Паразитные резонансы влияют мало и могут при измерении шума привести к заниженному результату до 2 дБ. Более внимательно надо разобраться с АЧХ вблизи её минимума (**рис. 6.12**).

Достоверные замеры шума возможны при отстройке более чем на 5...10 кГц, замеры шума гетеродина будут немного опти-

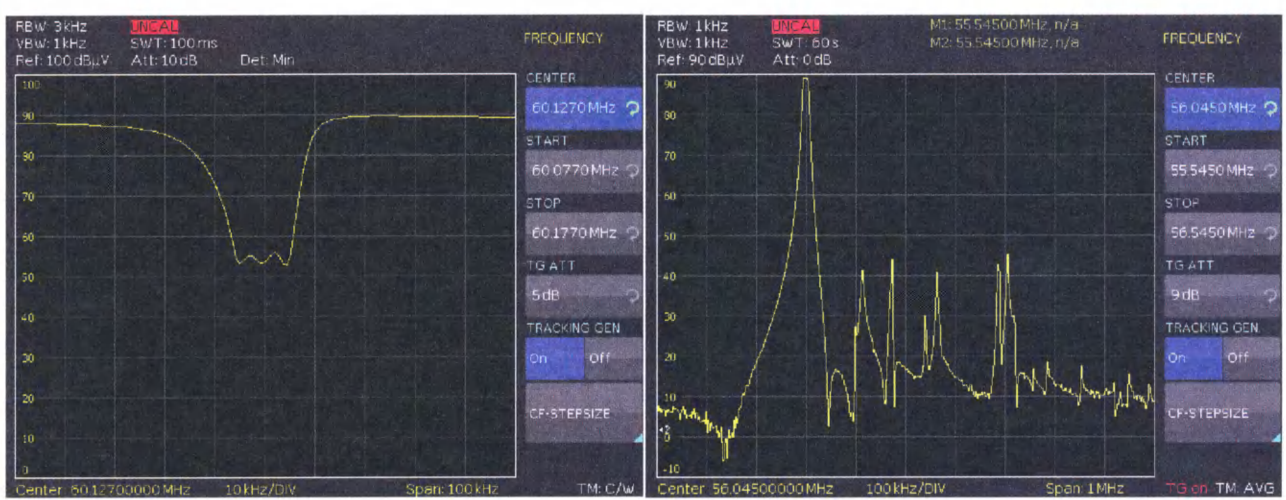


Рис. 6.14

Рис. 6.15

мистичны по причине недостаточного подавления несущей. У недорогих анализаторов спектра (до 5000 долл. США) мгновенный (без переключаемых вручную аттенюаторов) динамический диапазон редко превышает 80 дБ. Для качественного гетеродина в КВ-приёмнике надо провести измерения до уровня −160 дБ по отношению к уровню несущей (в полосе пропускания 1 Гц). Поэтому режекторный фильтр должен подавить основную линию спектра не менее чем на 60...80 дБ. Этот фильтр дополнительно ещё работает и как ФНЧ, его частота среза находится вблизи частоты режекции (**рис. 6.13**). Поэтому он подавляет гармоники гетеродина не менее чем на 50 дБ, а они смогли бы перегрузить измерительный прибор в чувствительном режиме работы.

В отличие от полосового фильтра, электрическая нагрузка на резонаторы в режекторном фильтре намного меньше, поскольку они работают как цепи с коротким замыканием, а импеданс фильтра на порядок больше. На режектируемой частоте на резонаторах будет самое маленькое напряжение, поэтому на такой фильтр можно подавать сигнал мощностью до 100 мВт. Но на практике чаще всего уровень сигнала гетеродина КВ-приёмников — около 0 дБм, а уровень шумов — −160 дБ (в полосе 1 Гц). В то же время большинство анализаторов имеют предельную чувствительность −120 дБм (в полосе 100 Гц), и эту разницу компенсирует дополнительный МШУ с коэффициентом усиления 40 дБ, установленный после режекторного фильтра (это как телескоп у астрономов).

Основное преимущество этого способа заключается в том, что возможно прямое измерение уровня шумов, без применения дополнительных устройств (фазовращателей, смесителей), в которых возможны дополнительные искажения. Анализатор может работать на высоких частотах, где уровень помех меньше, и он, как правило, имеет максимальную чувствительность.

Такой режекторный фильтр можно применить в радиопередающих устройствах, радиореле, репитерах и других устройствах для подавления узкополосных помех и собственных излучений. Полосу подавления фильтра можно увеличить за счёт расстройки резонаторов по частоте с помощью подстроечных конденсаторов. Пример АЧХ такого полосового режекторного фильтра показан на **рис. 6.14**, он подавляет сигналы на 30 дБ в полосе заграждения(!) шириной около 10 кГц (центральная частота — 60127 кГц) и собран на четырёх резонаторах 60127-24.

Заключение

Новые материалы и способы изготовления компонентов заставляют нас пересмотреть старые варианты технических решений и позволяют добиться удивительных результатов. Я надеюсь, что предложенные примеры "авторских" кварцевых фильтров хоть немного изменили ваши взгляды на РПУ, в котором вы уже давно хотели улучшить не только избирательность, но и применить современные усилители и смесители. Во многом этому мешали "широкие ворота" (15...40 кГц) стандартных фильтров с импедансом в несколько килом.

В моём самодельном приёмнике (на базе корпуса и контроллера TECSUN S-2000) с успехом работает шестирезонаторный фильтр на частоте 55844,5 кГц. Дополнительный фильтр на трёх резонаторах перед вторым смесителем "убирает" шумы по зеркальному каналу и гармонические искажения первого УПЧ. В результате DX-приём стал лёгким делом, даже если в том же диапазоне вблизи работает мощный КВ-передатчик.

Реализация предложенных в статье фильтров на печатной плате с хорошей "землёй", конденсаторами для поверхностного монтажа, качественными катушками индуктивностей и подобранными резонаторами намного улучшает качество АЧХ по сравнению с фильтрами, собранными на макетной плате. Для примера на **рис. 6.15** показана АЧХ фильтра QF3 на частоту 55845 кГц. На рис. 4.4—4.7 показаны АЧХ фильтра на тех же резонаторах, и даже без общей экранировки узла. Нагрузкой на плате был активный смеситель (входное сопротивление — 50 Ом), для замеров АЧХ он переведён в режим усилителя (3 дБ), и сигнал взят с его выхода.

Как заявлено, в случае малого импеданса в фильтрах можно ожидать до 26 дБ дальнего заграждения для одного резонатора, если, конечно, топологию платы сделать грамотно. В этом — сильная сторона предложенных фильтров, и раньше не было возможности реализовать их в домашних радиолюбительских лабораториях.

Ещё раз о питании цифрового мультиметра от сети

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Тема сетевого питания компактных цифровых мультиметров не нова, она неоднократно поднималась на страницах радиолюбительской литературы. В частности, этот вопрос подробно исследован в [1]. Источник питания мультиметра должен обеспечивать гальваническую развязку выходной цепи от питающей сети при малой (не более 20...30 пФ) проходной ёмкости, быть простым и компактным.

Оптимальная на сегодня структура сетевого источника питания для мультиметра — стабилизированный понижающий преобразователь переменного напряжения в постоянное с трансформатором, работающим на повышенной (десятки и сотни килогерц) частоте. Среди множества подобных конструкций заслуженной популярностью у радиолюбителей пользуется, например, устройство [2].

На взгляд автора, слабое место таких источников — высокочастотный трансформатор, который приходится изготавливать самостоятельно. Вместе с тем это — наиболее ответственная часть преобразователя. Именно от его качества зависит как исправная работа мультиметра, так и безопасность работы с ним. Зная об этом, некоторые радиолюбители, не имеющие навыков изготовления трансформаторов, просто не берутся повторять подобные устройства, чтобы не рисковать дорогостоящими приборами.

Один из путей достижения хорошей повторяемости любой конструкции — отсутствие в её составе деталей самостоятельного изготовления, а также дефицитных. Такой подход благоприятен и для ряда других качеств конструкции — надёжности, простоты изготовления, ремонтопригодности.

С учётом изложенного автор разработал и предлагает радиолюбителям свой вариант сетевого источника питания для портативного цифрового мультиметра. Устройство отличается простотой и не требует налаживания.

Основные технические характеристики

Выходное напряжение, В 9

Максимальный ток нагрузки, мА 20

Относительная нестабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки от нуля до максимума, % 0,4

Амплитуда пульсаций выходного напряжения, мВ 15

Проходная ёмкость, пФ 5

Сопротивление изоляции выходной цепи от питающей сети, МОм, не менее 1000

Электрическая прочность изоляции, В 1000

Устройство, схема которого приведена на **рис. 1**, представляет собой двухступенчатый преобразователь переменного напряжения в постоянное. Необходимые для питания мультиметра параметры выходного напряжения в нём формирует линейный интегральный стабилизатор DA2.

Первой ступенью преобразователя служит готовое устройство, которое сегодня есть практически у каждого, — зарядное устройство для сотового телефона с выходным напряжением 5 В (A1). Через разъём X1 его напряжение поступает на вход второго, повышающего преобразователя A2 — микросборки PSD-0512ELF (DA1), работающей на частоте около 100 кГц.

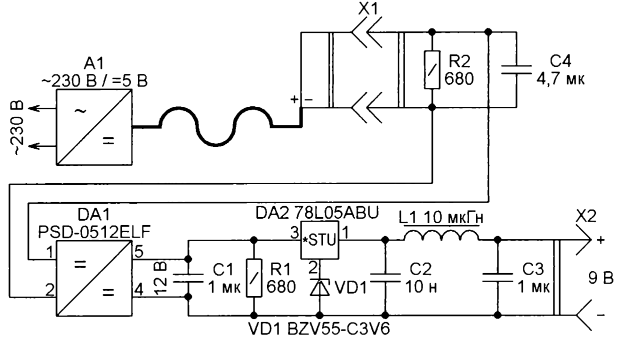


Рис. 1

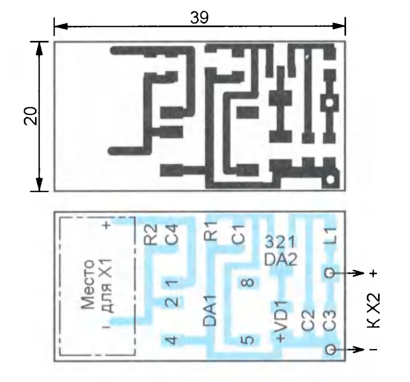


Рис. 2

Напряжение на выходе этой микросборки — 12 В, причём её выходная цепь изолирована от входной. Именно параметры этой изоляции указаны в основных технических характеристиках устройства. На самом деле они ещё выше, поскольку выходная цепь зарядного устройства тоже изолирована от сети.

Дополнительное достоинство описанной структуры — возможность питать мультиметр от любого источника постоянного напряжения 5 В, в том числе от входящего в состав проверяемого мультиметром устройства.

Резистор R2 обеспечивает начальную нагрузку зарядного устройства до тех пор, пока не начнёт работать преобразователь микросборки DA1. Резистор R1 служит минимальной нагрузкой для этой микросборки, ведь ток, потребляемый основной нагрузкой (мультиметром), невелик и зависит от режима работы мультиметра, а работа без нагрузки микросборке противопоказана.

Выходное напряжение микросборки поступает на интегральный стабилизатор (DA2), который понижает его до 9 В. С выхода стабилизатора напряжение подано на мультиметр через ФНЧ C2L1C3 с частотой среза около 50 кГц, что препятствует проникновению в мультиметр и проверяемое устройство высокочастотных помех, создаваемых микросборкой DA1. Конденсатор C2, кроме того, устраняет возможное самовозбуждение стабилизатора DA2.

Несколько слов о выборе интегрального стабилизатора DA2. Идеальным вариантом было бы применение здесь микросхемы 78L09 с выходным напряжением 9 В. Однако эти микросхемы сегодня не пользуются большим спросом, поэтому магазины зачастую их просто не заказывают, вследствие чего найти их в продаже сложно. Поэтому использован более распространённый интегральный стабилизатор серии 78L05, напряжение стабилизации которого 5 В увеличено до 9 В включением в цепь его общего провода стабилитрона VD1. Поскольку этот стабилитрон имеет номинальное напряжение стабилизации 3,6 В, напряжение на выходе стабилизатора DA2 увеличивается, строго говоря, лишь до 8,6 В, однако для работы мультиметра этого вполне достаточно.

Детали источника (за исключением зарядного устройства для сотового телефона) размещены на печатной плате размерами 39×20 мм, чертёж которой изображён на **рис. 2**. Обратите внимание, что на чертеже отсутствует разъём X1, оставлено лишь место для его установки.

Дело в том, что предполагается использование зарядного устройства со штатным разъёмом, подключаемым к сотовому телефону, а этот разъём для разных телефонов может быть разным. Поэтому, приступая к изготовлению описываемого устройства, необходимо сначала определить тип нужного разъёма, найти такой же и откорректировать чертёж печатной платы для его размещения. Это даст возможность использовать зарядное устройство как по прямому назначению (для зарядки аккумулятора телефона), так и для питания мультиметра.

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Разъём X2 — колодка от использованной батареи "Крона". Все резисторы и конденсаторы — типоразмера 1206, катушка индуктивности L1 — SQC322520T-100K-N типоразмера 1210.

Готовую печатную плату крепят в батарейном отсеке мультиметра любым удобным способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Межлумян А.** Питание цифрового мультиметра от электросети. — Радио, 2006, № 3, с. 25—27.

2. **Зорин С.** Сетевой блок питания для мультиметра. — Радио, 2006, № 8, с. 21—23.

3. PSD-xxxxELF. — URL: **http://catalog.gaw.ru/index.php?page=document&id=22004** (28.08.16).

От редакции. *Файл печатной платы в формате Sprint Layout 5.0 имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/12/bp-mult.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Лабораторный блок питания

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

В дальнейшем такое сообщение будет выведено при каждом включении или перезагрузке источника питания. Затем ЖКИ отображает исходную информацию режима 1, что сопровождает короткий звуковой сигнал:

```
р  00,25В 0000мА
 -05+ -от+>-00+<
```

Рекомендуется на этом этапе замерить напряжение на входах стабилизаторов положительного и отрицательного напряжения, чтобы убедиться в работе регулятора входного напряжения. Для этого следует подключить один вывод мультиметра к общему выходному гнезду XS2, а второй — поочерёдно к плюсовому выводу конденсаторов C45 и C46 и к минусовому выводу конденсаторов C47 и C48. В обоих случаях мультиметр должен показать не менее 35 В соответствующей полярности.

В нижней строке ЖКИ выведена информация о состоянии выходных гнёзд источника питания. Слева — полярность и значение напряжения между гнёздами XS4 и XS5. Справа — полярность и значения напряжения между гнёздами XS3 и XS2, а также между XS1 и XS2. Значения напряжения здесь выведены с округлением до целых вольт. Поскольку в режиме 1 источник отрицательного напряжения отключён, об этом сигнализирует надпись "от" вместо значения его напряжения. Угловыми скобками помечены гнёзда, напряжение между которыми с точностью до сотых долей вольта и ток нагрузки отображены в верхней строке.

Курсор (подчёркивание) установлен на символе "В". Это значит, что можно перемещать угловые скобки по нижней строке, нажимая на кнопку SB3 или SB4:

```
р  05,00В 0000мА
>-05+<-от+ -00+
```

Нажимая на кнопки SB1 или SB2, можно перемещать курсор. Его перевод на символ "р" в первой позиции верхней строки вызовет отключение напряжения на выходе регулируемого источника, сопровождаемое двойным звуковым сигналом и выводом надписи "от". Установленное значение напряжения остаётся выведенным в верхнюю строку ЖКИ. При перемещении курсора в любую другую позицию на выходных гнёздах будет восстановлено прежнее напряжение:

```
р  00,25В 0000мА
 -05+ -от+>-от+<
```

Отключение напряжения и его последующее восстановление происходят плавно. Это свойство может быть использовано при различных обстоятельствах. Например, если в цепи питания подключённого к источнику устройства имеется конденсатор большой ёмкости, то при резком включении напряжения её значительный зарядный ток может вызвать срабатывание защиты. Ненагруженный источник плавно выключается за 5...7 с, а включается за 1...2 с (при максимальном выходном напряжении). После перегрузки выходное напряжение восстанавливается медленнее, приблизительно за 10 с. Это сделано преднамеренно, поскольку перегрузка может повториться.

Всё же будет корректней установить необходимое напряжение и выключить его установкой курсора на символ "р". Подключить нагрузку и затем сдвигом курсора подать на неё напряжение.

Все отладочные операции рекомендуется проводить через 15...20 мин после включения источника питания. Для отладки необходим мультиметр с высоким входным сопротивлением и пределом измерения 3999 мВ.

Микропроцессор имеет внутренний источник образцового напряжения для АЦП, которое находится в интервале 2560 мВ ±5 %. Для повышения точности всех выполняемых микроконтроллером измерений необходимо замерить реальное напряжение этого источника и записать его в EEPROM как константу. Для этого измерьте мультиметром напряжение на конденсаторе C30 с точностью 1 мВ и запомните это значение. Переместите курсор на символ "р" и после выключения источника перейдите нажатием на кнопку SB3 в сервисное меню. Нажимайте на эту кнопку до появления на ЖКИ следующего изображения:

```
с        ИОН мВ
          2560
```

Символ "с" в первой позиции верхней строки извещает о режиме сервисного меню. Нажимая на кнопки SB3 и SB4, переместите курсор на число в нижней строке, первоначально равное идеальному значению образцового напряжения. Устанавливая курсор в соответствующие позиции, можно корректировать десятки или единицы этого числа нажатиями на кнопку SB1 или SB2. Установив значение, равное измеренному мультиметром, возвратите курсор на символ "с".

Нажатием на кнопку SB4 перейдите в меню режимов и последующими нажатиями на ту же кнопку выберите режим 1:

```
р        Режим 1
   0,25-15В 1,2А
```

Нажатием на кнопку SB1 или SB2 перейдите в установленный режим. Откорректированное значение образцового напряжения будет записано в EEPROM микроконтроллера.

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2016, № 11

Далее необходимо выполнить самую трудоёмкую часть отладки — совместить рабочие интервалы выходного напряжения измерителей тока нагрузки регулируемого источника с рабочей областью АЦП микроконтроллера, который способен преобразовать в код только положительное напряжение.

Переместите курсор на символ "р" и после выключения источника нажатием на кнопку SB4 войдите в меню переключения режимов. Если необходимо, повторным нажатием на эту кнопку выберите режим 2:

```
p      Режим 2
  0,5-30В 0,6А
```

Нажмите на кнопку SB1 или SB2. Последует подготовка к переключению с выводом сообщения:

```
   Режим 1
 Переключение
```

Затем должно переключиться реле K1 и последовать подготовка к выходу на режим 2 с выводом следующего сообщения:

```
 Переключение
   Режим 2
```

Далее на ЖКИ будет выведена информация режима 2:

```
p  00,49В 0000мА
 -05+>-00+ -00+<
```

Чтобы установить нужное выходное напряжение, нажатиями на кнопки SB1 и SB2 переводите курсор в позиции десятков, единиц, десятых или сотых долей вольта напряжения, указанного в верхней строке. В режиме 2 перемещение курсора невозможно, если угловые скобки установлены на гнёзда нерегулируемого источника или на гнёзда регулируемого источника отрицательного напряжения.

В зависимости от положений курсора и угловых скобок увеличение или уменьшение выходного напряжения происходит с разным шагом. В режиме 1 или при угловых скобках, указывающих на гнёзда источника положительного напряжения в режиме 2, при установке курсора на десятки вольт выходного напряжения увеличение или уменьшение напряжения происходит с шагом около 5 В, но в определённых пределах. Если, например, выходное напряжение равно 12 В, то попытка добавить к нему 5 В окажется безуспешной, поскольку это напряжение не может превысить 16 В. Аналогично при выходном напряжении 4 В не даст результата попытка уменьшить его на 5 В. Подобные ограничения приняты и при изменении напряжения с другим шагом.

При установке курсора на единицы вольт выходного напряжения его изменение происходит с шагом около 0,5 В. При установке курсора на десятые доли вольта шаг уменьшается приблизительно до 50 мВ, а на сотые доли вольта — до 0,01...0,015 В.

Когда регулируемый источник работает в режиме 2, в верхней строке ЖКИ отображается суммарное напряжение источников разной полярности. Естественно, при этом шаг установки выходного напряжения увеличен вдвое. Когда курсор установлен на символ "В", кнопками SB3 и SB4 можно выбрать для отображения в верхней строке любой источник.

Переместите курсор на сотые доли вольта выходного напряжения и нажимайте на кнопку SB3 до тех пор, пока изменится выходное напряжение. Измерьте мультиметром на минимально возможном пределе напряжения на выходах ОУ DA8.1 и DA8.2 или на конденсаторах C13 и C14 и запомните их. Затем, последовательно переводя курсор в позиции от десятков до сотых долей вольта, задайте нажатиями на кнопку SB4 максимально возможное выходное напряжение. Повторите измерения мультиметром и запомните их результаты.

В измерителях тока, в которых измеренные мультиметром напряжения находятся в отрицательной области, необходимо установить резистор R48 или R64 номиналов, указанных на схеме, и повторить измерения при тех выходных напряжениях источников, при которых выходные напряжения ОУ более всего заходили в отрицательную область. Там, где этого недостаточно, необходимо заменить установленный резистор на резистор в два раза меньшего номинала. Эту операцию следует повторять до полного перехода интервала изменения выходного напряжения ОУ в положительную область.

Теперь подключите мультиметр к гнёздам XS1 и XS2. Установите курсор на символ "В" и, переместив нажатиями на кнопки SB3 и SB4 угловые скобки на гнёзда источника положительного напряжения, установите выходное напряжение около 15 В:

```
p  15,24В 0000мА
 -05+ -15+>-15+<
```

Если выходное напряжение, измеренное мультиметром, не соответствует значению, выведенному в верхней строке ЖКИ, установите курсор на символ "р" и после выключения источника нажатием на кнопку SB3 перейдите в сервисное меню. Повторными нажатиями на ту же кнопку откройте на ЖКИ окно с поправочным коэффициентом:

```
c     Коэфф. +V
      0645
```

Нажимая на кнопки SB1 и SB2, переместите курсор на десятки или единицы коэффициента и измените его значение нажатиями на кнопку SB3 или SB4. Если показания ЖКИ превышали показания мультиметра, коэффициент необходимо уменьшать, и наоборот. Переместите курсор на символ "с", нажатием на кнопку SB4 перейдите в меню режимов, выберите режим 2 и перейдите в него нажатием на кнопку SB1 или SB2. Эти операции следует повторять до приемлемого совпадения показаний мультиметра и ЖКИ.

Подключите мультиметр к гнёздам XS3 и XS2 и переведите угловые скобки на источник отрицательного напряжения:

```
p  15,33В 0000мА
 -05+>-15+<-15+
```

Если показания мультиметра и ЖКИ не совпадают, необходимо перевести угловые скобки на гнёзда X1 и X2, иначе перемещение курсора будет невозможно. Затем следует перейти в сервисное меню и нажатиями на кнопку SB3 открыть на ЖКИ окно с поправочным коэффициентом:

```
c     Коэфф. -V
      0645
```

Изменяя значения поправочного коэффициента, как было описано выше для положительного источника, добейтесь приемлемого совпадения показаний мультиметра и ЖКИ. При необходимости подстроечным резистором R38 добейтесь равенства абсолютных значений выходных напряжений положительной и отрицательной полярности, используя показания ЖКИ или мультиметра.

Установите курсор на символ "р", и после отключения источника перейдите в меню режимов, выберите режим 1 и перейдите в него. Если источник питания включён не менее 15...20 мин, целесообразно выполнить автокалибровку. Для этого войдите в сервисное меню и откройте на ЖКИ окно

```
c Автокалибровка

```

Для запуска процесса автокалибровки нажмите на кнопку SB1 или SB2. О начале исполнения команды свидетельствует исчезновение курсора. По завершении процесса установите выходное напряжение 7...8 В. Подключите к гнёздам XS1 и XS2 через мультиметр в режиме измерения тока регулируемую нагрузку с максимальным сопротивлением не менее 15...20 Ом и мощностью 10 Вт. Изменением сопротивления нагрузки установите по показаниям мультиметра ток около 1000 мА:

```
p  07,24В 1045мА
 -05+ -от+>-07+<
```

Если показания мультиметра и ЖКИ различны, необходимо войти в сервисное меню и вывести на ЖКИ поправочный коэффициент для измерителя тока нагрузки источника положительного напряжения:

```
c     Коэфф. +I
      1100
```

Откорректируйте коэффициент соответствующим образом, причём отключать нагрузку при этом не нужно. Повторите эту операцию столько раз, сколько потребуется для достижения приемлемого совпадения показаний мультиметра и ЖКИ. Рекомендуется также проверить идентичность показаний мультиметра и ЖКИ при выходных напряжениях приблизительно 2 В и 15 В и при токе нагрузки 100 мА, около 500 мА и 1000 мА. На точность измерения тока менее 100 мА оказывают существенное влияние результаты автокалибровки.

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Далее следует проверить функционирование токовой защиты источника питания. Установите выходное напряжение около 1 В и подключите к гнёздам XS1 и XS2 нагрузку сопротивлением около 5 Ом. Увеличивайте выходное напряжение, выбирая приемлемый шаг его изменения и ориентируясь на скорость нарастания тока нагрузки. Установив ток нагрузки около 1100 мА, далее увеличивайте напряжение с минимальным шагом. По достижении тока 1200 мА или чуть больше в нижней строке ЖКИ должно периодически появляться сопровождаемое звуковым сигналом предупреждающее сообщение:

```
p  05,53В 1209мА
 Ток предельный
```

Дальнейшее увеличение напряжения с мелким шагом приведёт при токе около 1400 мА к срабатыванию токовой защиты. Выходное напряжение будет выключено, подан звуковой сигнал и выведено сообщение:

```
 Перегрузка ИП!
```

Далее напряжение на выходных гнёздах, отключённое защитой, программа будет периодически восстанавливать. Если нагрузка не была отключена, а ток нагрузки при восстановлении напряжения достиг предельного значения, в нижней строке ЖКИ появится сообщение с требованием отключить нагрузку:

```
 Перегрузка ИП!
 Снять нагрузку
```

При этом изменится характер звукового сигнала. Если при восстановлении выходного напряжения ток нагрузки не превысил предельного значения, то это сообщение не будет выведено, а восстановится нормальная работа источника.

На следующем шаге налаживания отключите все нагрузки, войдите в меню переключения режимов, выберите режим 2 и перейдите в него. Подключите между гнёздами XS1 и XS3 нагрузку сопротивлением около 30 Ом и мощностью 15...20 Вт. Установите угловые скобки на гнёзда источника положительного напряжения:

```
p  00,25В 0013мА
 -05+ -00+>-00+<
```

Увеличением выходного напряжения установите ток нагрузке около 500 мА. Измеритель тока нагрузки источника положительного напряжения должен быть откалиброван ранее. Теперь, опираясь на его показания, необходимо подобрать поправочный коэффициент для источника отрицательного напряжения. Для этого необходимо войти в сервисное меню и открыть на ЖКИ окно с соответствующим поправочным коэффициентом:

```
c     Коэфф. -I
       1100
```

Откорректируйте поправочный коэффициент соответствующим образом, причём отключать нагрузку при этом нет необходимости. Поочерёдно устанавливая угловые скобки на гнёзда источников отрицательного и положительного напряжения, сравните значения тока, выводимые на ЖКИ. Повторите эти операции столько раз, сколько требуется для достижения приемлемого совпадения показаний.

Увеличивая выходное напряжение, проверьте работу токовой защиты в режиме 2. Информация о предельном значении тока со звуковым сигналом должна выводиться при токе нагрузки около 600 мА. Защита должна отключить выходное напряжение при токе нагрузки около 700 мА.

Для проверки защиты от асимметрии тока нагрузки источников положительного и отрицательного напряжения необходим переменный проволочный резистор мощностью не менее 6 Вт и сопротивлением 30...100 Ом. Установите минимальное напряжение между гнёздами XS1 и XS3 в режиме 2 и переведите на них угловые скобки:

```
p  00,50В 0000мА
 -05+>-00+ -00+<
```

Установите движок переменного резистора в среднее положение, чтобы сопротивления его плеч были равны между собой. Подключите крайние выводы этого резистора к гнёздам XS1 и XS3, а вывод движка — к гнезду XS2. Увеличением выходного напряжения установите ток нагрузки 200...300 мА. Медленно перемещая движок переменного резистора в любую сторону, добейтесь периодического появления в нижней строке ЖКИ сообщения о нарушении симметрии нагрузки:

```
p  20,40В 0243мА
 Асимм.тока 24%
```

Порог появления этого сообщения зависит от значений выходного напряжения и тока нагрузки. Продолжайте перемещать движок переменного резистора до отключения выходных напряжений. Это должно произойти при асимметрии нагрузки более 50 %.

Если по каким-либо причинам в защите от асимметрии нет необходимости, её можно отключить, оставив только вывод предупреждающего сообщения. Для этого нужно с помощью любого текстового редактора открыть файл LBP_Mcu.eep и в его строке

```
:03003000FF2000AE
```

заменить символы, выделенные цветом. Результат замены должен быть следующим:

```
:03003000002000AD
```

Изменённый файл нужно сохранить, а затем с помощью программатора загрузить в EEPROM микроконтроллера.

Применение датчика тока ACS712 ELCTR-05B в отдельном источнике напряжения +5 В оказалось для меня единственно возможным способом контроля тока в изолированной цепи. Но этот датчик оказался весьма капризным устройством. Кроме заметного температурного дрейфа, он подвержен влиянию внешних магнитных полей. При нулевом токе в измерительной цепи выходное напряжение датчика — 2,5 В ±1,5 %, не считая температурного дрейфа. При каждом включении магнитное поле сетевого трансформатора немного смещает рабочую точку датчика, причём направление смещения зависит от направления магнитного поля в момент включения.

Пришлось при каждом включении источника питания производить автокалибровку этого измерителя тока, а также выполнять некоторые действия для сведения к минимуму дестабилизирующих факторов.

Перед отладкой измерителя тока нагрузки нерегулируемого источника напряжения необходимо через 15...20 мин после включения произвести перезагрузку источника питания, не забыв отключить все нагрузки. Для этого в сервисном меню откройте окно перезагрузки:

```
c  Перезагрузка
```

Нажатием на кнопку SB1 или SB2 запустите её. О начале процедуры свидетельствует исчезновение курсора. По завершении перезагрузки следует измерить мультиметром напряжение на выходе ОУ DA7.1 или на конденсаторе C15. Оно должно быть не меньше нуля и не больше +1,5 В. В случае выхода напряжения за эти пределы необходимо подобрать резистор R55. Если напряжение выше допустимого, сопротивление этого резистора необходимо увеличить, и наоборот. После этого необходимо снова прогреть и перезагрузить источник питания, а затем переместить угловые скобки на выходные гнёзда источника +5 В:

```
p  05,00В 0000мА
>-05+<-от+ -00+
```

Подключите к гнёздам XS4 и XS5 нагрузку с регулируемым сопротивлением 15...20 Ом и соответствующей мощностью, включив последовательно с ней мультиметр в режиме измерения тока. Регулировкой нагрузочного резистора установите по мультиметру ток около 500 мА. Если результат измерения тока мультиметром не соответствует показаниям на ЖКИ, следует отключить нагрузку и войти в сервисное меню, открыв в нём окно с поправочным коэффициентом для измерителя тока источника напряжения +5 В:

```
c     Коэфф. I+5В
       1200
```

Необходимо добиться совпадения показаний ЖКИ и мультиметра, изменяя поправочный коэффициент. Рекомендуется делать перезагрузку после каждой его корректировки. Затем подключите нагрузку и оцените результат корректировки. Эти операции повторяйте до приемлемого совпадения результатов измерения.

Для проверки сигнализации о перегрузке источника напряжения +5 В необходимо увеличивать ток его нагрузки до начала периодической подачи звукового сигнала. При токе более 600 мА на ЖКИ должно быть выведено сообщение:

```
р  05,00В 0000мА
Перегрузка +5В
```

Физической защитой от перегрузки снабжён сам интегральный стабилизатор напряжения КР142ЕН5В.

Последняя операция отладки источника питания — уточнение напряжения на входах регулируемого стабилизатора напряжения. Для её выполнения войдите в меню режимов и выберите режим 2. Подключите к гнёздам XS1 и XS3 переменный резистор сопротивлением 100 Ом и мощностью не менее 15 Вт. Установите по ЖКИ общее выходное напряжение 30 В и переменным резистором установите ток нагрузки 500±10 мА. Измерьте мультиметром положительное входное напряжение на конденсаторах С45, С46 и отрицательное на конденсаторах С47 и С48. Оба напряжения должны лежать в пределах 21±1 В (по абсолютному значению). Допустимая разность между отрицательным и положительным напряжением — не более 1 В, это связано с порогом открывания симистора, зависящим от полярности коммутируемого напряжения.

При необходимости для установки входных напряжений войдите в сервисное меню и подгоните их значения коррекцией поправочных коэффициентов (при этом отключать нагрузку не нужно):

```
с      Коэфф. +Vвх
        1600
```

```
с      Коэфф. -Vвх
        1500
```

Коррекцию необходимо производить поочерёдно, но в обоих окнах на одинаковую величину. Для уменьшения входных напряжений поправочные коэффициенты необходимо увеличивать, и наоборот.

Все описанные регулировки пользователь может уточнять в течение всего периода эксплуатации источника питания.

Узел защиты

Все слабые места, недочёты и ошибки в создаваемых устройствах выявляют, как правило, в результате их эксплуатации в течение некоторого времени. Не избежал такой участи и этот источник питания, причём допущенная мной ошибка могла привести к весьма печальным последствиям.

Больше полугода я успешно эксплуатировал источник. Он радовал меня своей устойчивой работой, пока я сам вручную подключал нагрузки и отключал их перед выключением источника. Но однажды при питающемся от источника радиомодуле в доме неожиданно отключили электроэнергию. Громкий щелчок и лёгкий дымок сообщили мне, что радиомодуля у меня больше нет, а источник питания имеет очень серьёзную недоработку.

Оказалось, что после отключения от электросети узел управления контролирует ситуацию не более 0,5...1 с. Далее узел управления регулирующими полевыми транзисторами перестаёт работать, и они полностью открываются. Остаточное напряжение с входа стабилизатора беспрепятственно проходит на его выход. Каким-то образом я упустил эту вполне очевидную ситуацию. Для её надёжного исключения пришлось, отложив все дела, дополнить источник питания узлом защиты от отключения сетевого напряжения.

Необходимо было учитывать ограниченность свободного места для размещения нового узла, а кроме того, постараться, чтобы его введение повлекло минимум доработок самого источника питания. Было опробовано несколько вариантов защиты, но самым надёжным и предсказуемым оказался узел на электромагнитных реле.

Схема узла защиты изображена на **рис. 8**, нумерация элементов на котором продолжает начатую в источнике питания. При отсутствии сетевого напряжения все реле находятся в исходном несработавшем состоянии. Замкнутые контакты К4.1 удерживают низкий уровень на входе установки микроконтроллера DD1 источника питания в исходное состояние. Контакты К2.1 и К2.2 соединяют затворы с истоками регулирующих полевых транзисторов VT4 и VT5, надёжно удерживая их в закрытом состоянии.

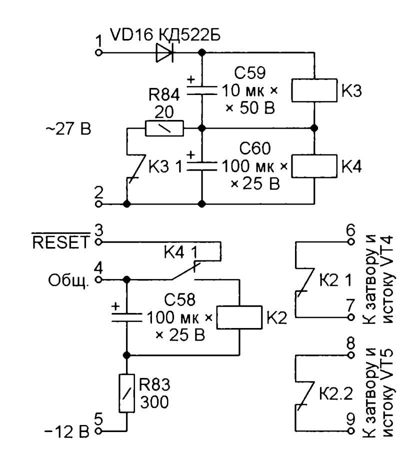


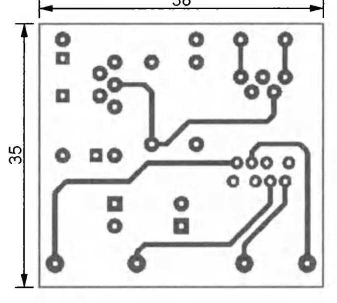
Рис. 8

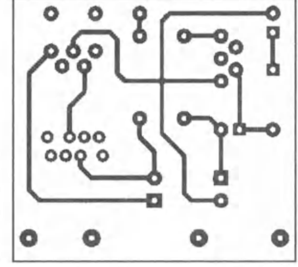
Сетевое напряжение узел контролирует на обмотке II (~27 В) сетевого трансформатора Т1. Это напряжение поступает на однополупериодный выпрямитель на диоде VD16. От него реле К3 сработает первым, так как обмотка реле К4 зашунтирована резистором R84 через замкнутые контакты К3.1. После размыкания контактов К3.1 начнётся зарядка конденсатора С60, создавая задержку срабатывания реле К4 на 100...200 мс. По истечении этого времени сработает реле К4. Своими контактами оно отключит от общего провода вход установки микроконтроллера в исходное состояние, разрешая его работу, и замкнёт цепь обмотки реле К2. Срабатывание реле К2 разблокирует цепи управления полевыми транзисторами VT4 и VT5.

Обмотка реле К2 (РЭС60 исполнения РС4.569.435-02) рассчитана на работу при напряжении 12 В, но под этим напряжением она должна находиться не более 30 с. Для того чтобы обезопасить реле от перегрева, предназначены резистор R83 и конденсатор С58. До срабатывания реле К4 конденсатор С58 успевает зарядиться через резистор R83 до напряжения около 12 В, которое поступает с платы управления источника. После срабатывания реле К4 сработает и реле К2, напряжение на обмотке которого затем понизится вдвое в результате падения напряжения на резисторе R83. Этого вполне достаточно, чтобы удерживать реле К2 в сработавшем состоянии без перегрева.

Спустя 20...30 мс после отключения сетевого напряжения реле К3 отпустит якорь. Контакты К3.1 замкнутся, и через резистор R84 конденсатор С60 быстро разрядится. Реле К4 также отпустит якорь, разрывая цепь обмотки реле К2 и переводя микроконтроллер DD1 в исходное состояние. Благодаря замкнувшимся контактам К2.1 и К2.2 полевые транзисторы VT3 и VT4 будут надёжно закрыты.

Устройство защиты собрано на печатной плате, изображённой на **рис. 9**. Устанавливая на плате реле, нужно оставлять между их корпусами и поверхностью платы зазоры, достаточные, чтобы пропаять выводы реле с двух сто-





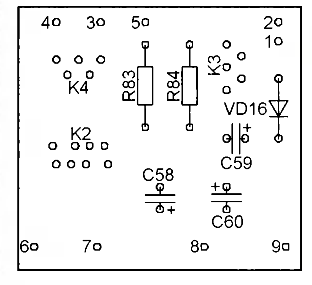


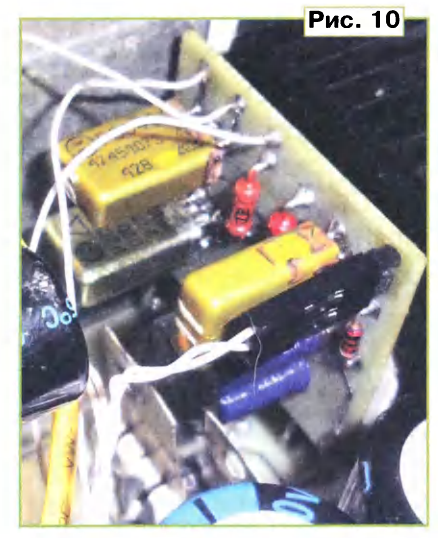
Рис. 9

рон. Один из выводов резистора R83 служит перемычкой между проводниками на разных сторонах платы, поэтому его тоже следует пропаять с обеих сторон.

Напряжение ~27 В подают на выводы 1 и 2 платы защиты с обмотки II трансформатора T1. Вывод 3 подключают к контакту 5 разъёма программирования XP1 на плате управления. Выводы 4 и 5 платы защиты соединяют соответственно с плюсовым и минусовым выводами конденсатора C10 источника.

Реле РЭС60 (K2) может быть исполнений РС4.569.435-02 или РС4.569. 435-07 с номинальным сопротивлением обмотки 270 Ом. Реле K3 и K4 — РЭС49 исполнений РС4.569.421-00, РС4.569.421-04, РС4.569.421-05 или РС4.569.421-07 с номинальным сопротивлением обмотки 1900 Ом. Применение реле других типов проблематично с точки зрения габаритов и гарантий работоспособности в описываемом устройстве. При использовании реле, бывших в употреблении, рекомендую предварительно проверить под напряжением работоспособность их контактов. Рекомендую также измерить сопротивление обмотки реле K2 и подобрать резистор R83 приблизительно такого же сопротивления.

После монтажа плату необходимо тщательно промыть. Затем ещё раз проверить монтаж на соответствие принципиальной схеме и отсутствие


Рис. 10

замыканий между печатными проводниками. Не устанавливая плату защиты на своё место, соедините её контакты 1—5 с указанными выше точками источника питания. Мультиметром в режиме омметра, подключая его между контактами 6 и 7 платы, а затем между 8 и 9, проверьте состояние контактов реле K2. При выключенном питании они должны быть замкнуты. Включив источник питания, убедитесь в его нормальном запуске и в том, что контакты реле K2 разомкнулись. Затем выключите источник питания и убедитесь в замыкании контактов.

После этого припаяйте к контактным площадкам 6—9 платы защиты отрезки медных лужёных проводов диаметром 0,8 мм. Вторые концы этих отрезков припаяйте непосредственно к выводам истоков и затворов полевых транзисторов VT4 и VT5 источника питания, уточнив их длину по месту. Жёсткость этих проводов достаточна для фиксации платы в нужном положении. Установив плату защиты на место (**рис. 10**), можно продолжить эксплуатацию источника питания, не опасаясь повреждения нагрузки выбросом напряжения на его выходе при выключении.

Обратите внимание, что сопротивление резистора R10 (рис. 1) — 22 кОм.

От редакции. *Программа микроконтроллера имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/12/LBP.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Из деталей КЛЛ.

Вторая жизнь трансформаторов и дросселей

Д. ЗАХАРОВ, г. Оренбург

На страницах журнала "Радио" и в Интернете опубликовано немало статей, в которых описаны радиолюбительские конструкции с использованием деталей вышедших из строя компактных люминесцентных ламп (КЛЛ). Чаще всего это транзисторы, динисторы, диоды, конденсаторы. Мало востребованными были и остаются трансформаторы и дроссели с ферритовыми магнитопроводами. На мысль о возможности их повторного применения (в неизменном или доработанном виде) наталкивают и стандартные типоразмеры магнитопроводов (ряды EE19, EE20, EE22 и т. д. [1]), и тот факт, что в основном устройстве (лампе) они работают на высокой частоте и в относительно сильных магнитных полях. Можно также предположить, что ферритовый магнитопровод окажется вполне пригодным для изготовления трансформаторов маломощных (до 20 Вт) импульсных источников питания (ИИП).

Проектирование в программе PI Expert, изготовление и испытание самодельного ИИП мощностью 5 Вт на микросхеме TNY268P подтвердили эти предположения: микросхема и импульсный трансформатор, намотанный на магнитопроводе от трансформатора КЛЛ, работали устойчиво и их нагрев не превысил расчётного. Программу PI Expert можно скачать с сайта разработчика [2]. Распространяется она бесплатно и русифицирована. С её помощью легко рассчитать блок питания на любое выходное напряжение, но не выше предельного для TL431 (до 30 В).

За основу ИИП взята типовая схема разработчика микросхем для ряда TinySwitch-II (**рис. 1**), особенностей она не имеет. Чертёж возможного варианта печатной платы устройства показан на **рис. 2**. Она изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита и рассчитана на установку как диодов 1N4007, так и диодного моста DB107.

Из-за необходимости минимизации размеров платы (для установки в корпус неисправного ЗУ от сотового телефона) в качестве R4—R7 применены резисторы для поверхностного монтажа, резисторы R1 и R2 заменены одним (МЛТ или подобным сопротивлением 4,7 МОм и мощностью рассеяния 0,5 Вт), а вместо двухобмоточного дросселя L1 во входной цепи применён обычный малогабаритный L1' (изображён на схеме штриховыми линиями), включённый в плюсовую цепь. Даже без подбора резисторов делителя выходное напряжение составило 4,98 В, и при токе до 1 А

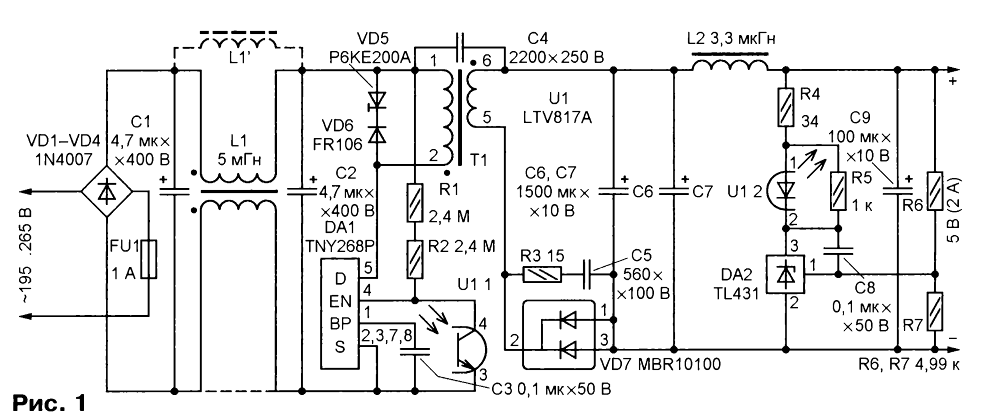


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru тел. 607-88-18
Вопросы: consult@radio.ru

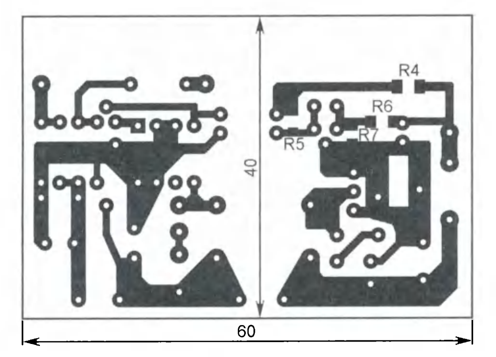


Рис. 2

аккуратно разделяем его на части руками. Если это вызывает затруднения, можно слегка поддеть одну из половин магнитопровода ножом. Как показывает опыт автора, результат положительный почти в 100 % случаев (плюс сохраняется каркас).

Стачивать боковые керны для уменьшения центрального зазора нет необходимости. Достаточно взять ещё один точно такой же трансформатор, разобрать и использовать для сборки нового трансформатора те половины магнитопроводов, у которых средние керны не подвергались доработке на заводе. Зазор в этом случае формируют подкладыванием диэлектрических прокладок между боковыми кернами (в рассмотренном выше ИИП — по 0,165 мм) или стачиванием одного из центральных до требуемого размера.

Намотка нового трансформатора пояснений не требует, необходимо лишь все обмотки наматывать в одну сторону (не важно, по часовой стрелке или против).

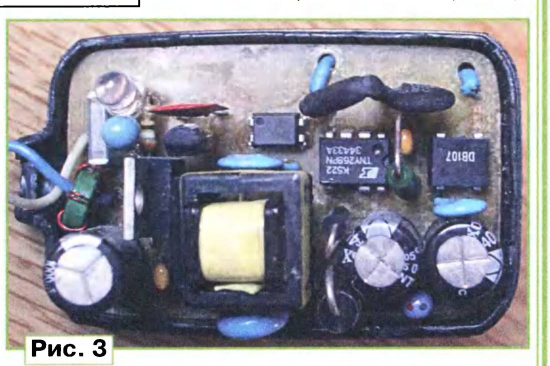


Рис. 3

какой-либо существенной просадки напряжения не наблюдалось.

Включение выпрямительного диода VD7 в минусовую цепь оказалось оправданным, упростив разводку проводников на печатной плате. Цепи, аналогичные R3C5, в любительских разработках встречаются редко, но рекомендую её установить, так как она повышает надёжность работы выпрямительного диода.

Предохранитель FU1, диоды VD1—VD4, конденсаторы C1, C2 и дроссель L1 (с гантелеобразным магнитопроводом) взяты из КЛЛ мощностью 11 Вт. Из неё же извлечён ещё один дроссель, кольцевой магнитопровод которого стал основой L2 (новая обмотка содержит три витка провода ПЭВ-2 0,5). Диод-супрессор P6KE200A заменим на 1.5KE200A.

Для трансформатора выбран магнитопровод EE19. По расчётам программы первичная обмотка должна содержать 96 витков провода ПЭВ-2 0,227 в три слоя, вторичная — четыре витка сложенных вместе трёх проводов диаметром 0,455 мм в один слой. Для получения необходимой индуктивности первичной обмотки и выходных параметров в магнитопроводе необходим зазор 0,329 мм.

Начинающих радиолюбителей могут отпугнуть трудности по разборке трансформатора от КЛЛ и наличие огромного (по меркам требований к трансформаторам маломощных ИИП) зазора на центральном керне — около 1 мм. На практике всё решается очень просто. Начнём с разборки трансформатора. Первым делом сматываем ленту, скрепляющую половинки магнитопровода. Далее опускаем трансформатор на 10 мин в кипящую воду, после чего

Точками на схеме обозначены выводы начала обмоток. Первичную и вторичную обмотки необходимо надёжно изолировать одну от другой (как минимум тремя слоями изоляционной плёнки). Для исключения высокочастотного шума трансформатор можно пропитать лаком.

В первоначальном варианте ИИП испытан трансформатор с зазором на центральном керне магнитопровода 1 мм. При токе более 1 А наблюдались перегрев микросхемы и срабатывание её цепей тепловой защиты. С трансформатором, магнитопровод которого составлен из половинок магнитопроводов двух трансформаторов КЛЛ, а зазор равен расчётному, характеристики ИИП пришли в норму. Вид на монтаж действующего образца устройства со снятой верхней крышкой представлен на **рис. 3**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Типоразмеры сердечников и аксессуаров. Ш-образные типы ферритовых сердечников с прямоугольным сечением центрального стержня. — URL: **http://www.coretech.com.ua/coretypes/-ee-ef** (24.05.2016).

2. PI Expert Suite. — URL: **https://ac-dc.power.com/design-support/pi-expert/pi-expert-suite/** (24.05.2016).

тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Замена микросхемы SD4842P67K65 на FSDH321 в блоке питания S-12-12

А. БУТОВ, с. Курба Ярославской обл.

Компактный импульсный блок питания S-12-12 даёт стабилизированное напряжение 12 В при токе нагрузки до 1 А. Обычно его используют для питания светодиодных светильников, систем видеонаблюдения и систем охранной сигнализации. У меня, отработав недолгое время, этот блок сломался, после чего несколько лет пролежал в ожидании микросхемы SD4842P67K65 или её близкого аналога из серии SD484x. Поскольку приобрести такую микросхему не удалось, было решено установить в блок более распространённую FSDH321. Обе они имеют одинаковое функциональное назначение, близкие параметры и выпускаются в корпусе DIP-8.

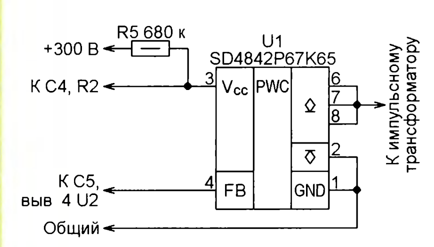


Рис. 1

Схема включения микросхемы SD4842P67K65 в блоке S-12-12 показана на **рис. 1**. Позиционные обозначения элементов соответствуют нанесённым на плату блока. Микросхема FSDH321 была установлена вместо неё и подключена по схеме, изображённой на **рис. 2**. Добавлены были отсутствовавшие ранее резистор R11' и стабилитрон VD8'.

К выводам 6—8 микросхемы FSDH321 я припаял дополнительный теплоотвод — медную пластину толщиной 0,6 мм с площадью охлаждающей поверхности 2 см^2.

Кроме замены микросхемы, имевшийся в блоке питания диод 1N4007 (D5) был заменён более быстродействующим диодом UF4007. Такой же диод можно установить и на место D6. Параллельно оксидным конденсаторам C8 и C9 были подключены керамические конденсаторы ёмкостью 1 мкФ в корпусе для поверхностного монтажа. Они были припаяны между выводами конденсаторов C8 и C9 со стороны печатных проводников.

Первое подключение отремонтированного блока питания к сети желательно производить через лампу накаливания 230 В, 25 Вт.

Нужно сказать, что при первом включении блока моментально вышел из строя диод Шотки SR3100 (D7) в выпрямителе выходного напряжения. Возможная причина этого могла быть в более высокой рабочей частоте новой микросхемы или в том, что автор уменьшил ёмкость конденсатора C5 до 22 нФ (согласно типовой схеме включения микросхемы FSDH321). После возвращения на это место прежнего конденсатора ёмкостью 100 нФ и замены диода Шотки SR3100 быстродействующим кремниевым диодом MUR460 работоспособность блока восстановилась. Размах напряжения между выводами диода D7 — около 60 В при токе нагрузки 1 А и около 85 В без нагрузки.

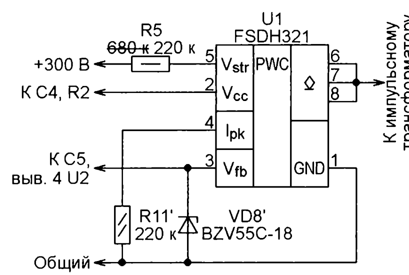


Рис. 2

К выходу отремонтированного БП была подключена нагрузка, потребляющая ток 1 А. Через 20 мин работы температура корпуса микросхемы U1 достигла 92 °С при температуре в помещении 24 °С. Температура корпуса диода D7 была 88 °С, а температура магнитопровода импульсного трансформатора T1 — 69 °С. После снижения тока нагрузки до 0,6 А температура корпуса микросхемы упала до 65 °С. Измерения проводились на плате, извлечённой из корпуса.

Неудивительно, что этот блок в заводском варианте не выдержал продолжительной эксплуатации. Исходя из полученных результатов, максимальным током его нагрузки следует считать 0,6 А при напряжении 12 В или 1 А при напряжении 9 В. Для получения выходного напряжения 9 В сопротивление резистора R6 было уменьшено до 5,1 кОм. Точное значение выходного напряжения устанавливают подстроечным резистором R10.

Интегральная микросхема FSDH321 маркирована на корпусе как DH321, под этим же названием она может и продаваться. Измеренная частота преобразования — 102 кГц. Встроенная защита микросхемы FSDH321 начинает уменьшать выходное напряжение лишь при токе нагрузки блока более 2 А, что весьма много. Поэтому для защиты от перегрузки можно включить последовательно с нагрузкой самовосстанавливающийся предохранитель на ток 0,65...1,1 А. При коротком замыкании выхода блок делает попытки запуска примерно раз в секунду. Через такое же время появляется выходное напряжение после включения блока в сеть.

Вместо микросхемы FSDH321 можно установить FSDH0265RN. Если имеются в наличии микросхемы SD4843P67K65 или SD4844P67K65, их можно использовать для замены неисправной микросхемы SD4842P67K65 без каких-либо переделок в блоке. Они рассчитаны на повышенную выходную мощность — 14 и 16 Вт соответственно.

Диод MUR460 можно заменить, например, на UF5403, FR303G, SRP300J. Вместо стабилитрона BZV55C-18 подойдёт TZMC-18 или 1N4746A. Неисправный оптрон EL817 можно заменить любым четырёхвыводным с цифрами 817 в обозначении. Например, LTV817, PC817, PS817. При постоянно подключённой к блоку нагрузке, потребляющей ток не менее 50 мА, резистор R9 из него можно удалить. Это повысит экономичность блока и уменьшит тепловыделение внутри его корпуса.

Расстояние от металлического экрана блока S-12-12 до некоторых точек пайки на его плате не превышает 2 мм. Чтобы уменьшить вероятность замыкания между первичной цепью блока и экраном, изнутри на дно экрана лаком XB-784 приклеена изоляционная плёнка толщиной 0,5 мм. Внутренние боковые поверхности экрана густо, без просветов, покрашены этим же лаком.

РАДИО® ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

Аналоги тринисторов с полевыми транзисторами

М. ШУСТОВ, г. Томск

В 1956 г. в США была опубликована статья [1], в которой впервые описан тринистор — четырёхслойный полупроводниковый прибор с управляемой S-образной вольт-амперной характеристикой. Его условное графическое изображение и эквивалентная схема показаны на **рис. 1**. С тех пор ассортимент тринисторных и симисторных структур значительно расширился, но в результате естественного отбора преимущественное распространение получили тринисторы классической структуры. Наряду с неоспоримыми достоинствами, у тринисторов выявились и недостатки: низкое входное сопротивление, неудовлетворительные частотные свойства, значительное падение напряжения на открытом приборе и др.

Рис. 1

Рис. 2

Проблема низкого входного сопротивления была решена созданием в 1981—1984 гг. тринисторов, представляющих собой комбинацию полевого, в том числе с изолированным затвором транзистора, и обычного тринисторов [2, 3]. Эквивалентные схемы некоторых из этих приборов показаны на **рис. 2**.

Ниже приведено несколько схем тринистороподобных структур, построенных с использованием полевых транзисторов с изолированным затвором. Далеко не все они идеальны, но при дальнейшем совершенствовании могут послужить основой для создания тринисторов, обладающих улучшенными свойствами.

На **рис. 3** показан пример аналога тринистора с ключевым элементом структуры КМОП в цепи управления. Его недостатки — невысокое рабочее напряжение (до 15 В) и значительное падение напряжения в открытом состоянии (до 3 В). Достоинства — высокое входное сопротивление (около 1 МОм), повышенное быстродействие. Для дальнейшего уменьшения падения напряжения в открытом состоянии можно применить современную модификацию КМОП-микросхемы, способную работать при напряжении питания менее 3 В.

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

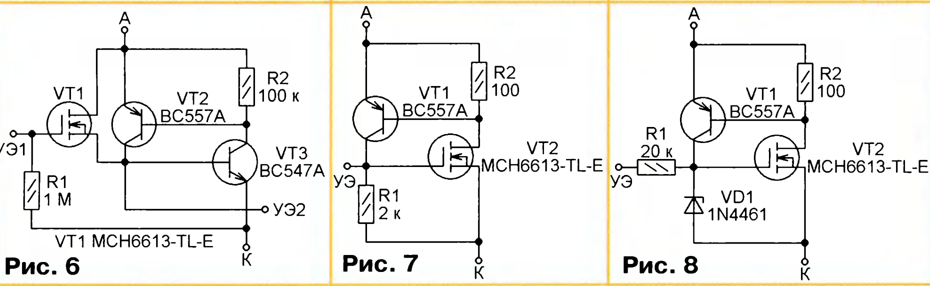


Рис. 6 Рис. 7 Рис. 8

На **рис. 4** изображён аналог тринистора на двух полевых транзисторах с разными типами проводимости каналов. Он отличается тем, что имеет два управляющих электрода. Для его открывания управляющий электрод УЭ1 достаточно на мгновение соединить с катодом либо на управляющий электрод УЭ2 кратковременно подать напряжение выше 4,1 В. Для закрывания достаточно, как обычно, на мгновение разорвать цепь анода либо подать на управляющий электрод УЭ2 напряжение ниже 4 В (0...4 В), в том числе просто соединив УЭ2 с катодом. Падение напряжения между анодом и катодом этого аналога тринистора в открытом состоянии — около 5 В при токе анода 10 мА. При закрытом тринисторе и напряжении анод—катод 12 В ток не превышает 12 мкА.

Аналог тринистора, схема которого изображена на **рис. 5**, также выполнен на двух полевых транзисторах с изолированными затворами и каналами разной проводимости, но отличается тем, что исходно находится в открытом состоянии. Это обусловлено начальным неравенством сопротивления каналов транзисторов VT1 и VT2 в момент подачи напряжения анод—катод аналога. Чтобы закрыть такой тринистор, подают управляющее напряжение 0...2,5 В на управляющий электрод УЭ1. Можно просто соединить этот электрод с катодом. Повторно открывают тринистор соединением управляющего электрода УЭ2 с катодом или кратковременным отключением напряжения анод—катод.

Структура аналога тринистора, изображённого на **рис. 6**, напоминает классическую, показанную на рис. 2, но он имеет дополнительный управляющий электрод УЭ2, на который подают закрывающий сигнал. Минимальное напряжение открывания такого тринистора по входу УЭ1 — 1,35 В.

Показанный на **рис. 7** аналог тринистора при напряжении между управляющим электродом и катодом менее 1 В закрыт, и ток в цепи анод—катод не превышает 2 мкА. При управляющем напряжении выше указанного тринистор открывается.

Аналог тринистора, схема которого показана на **рис. 8**, имеет защиту управляющего электрода стабилитроном VD1 — на 6,8 В и частично наследует свойства предыдущего схемного решения — открывается при управляющем напряжении более 1 В. Поскольку входное сопротивление управляющего электрода велико, он подвержен наводкам, которые могут привести к самопроизвольному открыванию тринистора. Чтобы снизить входное сопротивление, рекомендуется подключить между управляющим электродом и катодом резистор сопротивлением 51 кОм. В этом случае тринистор станет открываться при напряжении на управляющем электроде выше 1,4 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Moll J. L., Tanenbaum M., Goldey J.M., Holonyak N.** P-N-P-N Transistor Switches. — Proc. of the IRE, 1956, Vol. 44, Iss. 9, p. 1174—1182.

2. **Leipold L., Stengl J. P., Tihanyi J.** FET controlled thyristor. — Patent USA 4502070. Pend. 22.06.1981. Res. 26.02.1985.

3. **Temple V. A. K.** MOS-Controlled Thyristors. — IEEE Electron Devices Meeting, Abstract 10.7, 1984, Vol. 30, p. 282—285.

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Самодельный КПЕ с воздушным диэлектриком

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

Предлагаемый вниманию читателей конденсатор переменной ёмкости (КПЕ) с изолированными ротором и статором прост конструктивно, не требует применения дефицитных материалов и станочных работ и может быть изготовлен в домашних условиях радиолюбителем, владеющим элементарными слесарными навыками. Из материалов понадобятся жесть или латунь толщиной 0,5...0,6 мм (желательно лужёные), кусочек листовой латуни толщиной 0,8...1 мм, отрезки медной проволоки диаметром 3 мм и тонкостенной медной трубки диаметром 7 мм, немного листового стеклотекстолита толщиной 6 мм, чуть более дюжины винтов М3 и припой (желательно ПОС-60, как довольно низкоплавкий

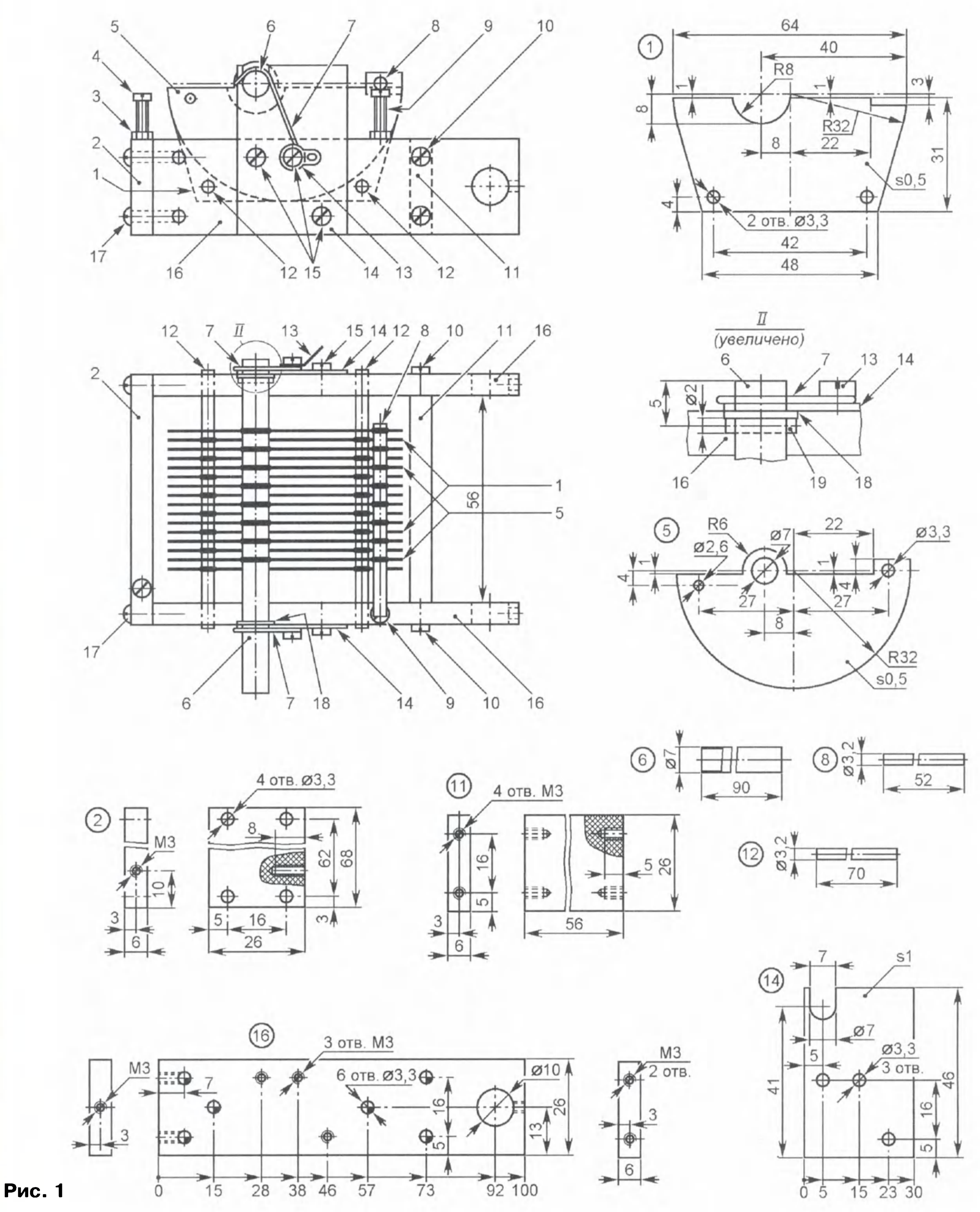


Рис. 1

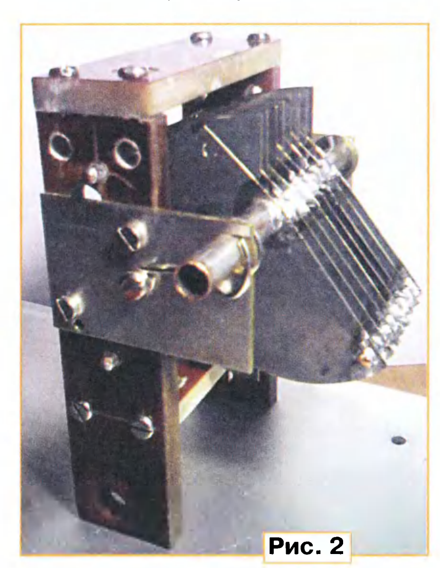
и обеспечивающий хороший внешний вид паяного соединения), а из инструментов — ножовка и ножницы по металлу, напильники, шуруповёрт или дрель, несколько свёрл и мощный (не менее 100 Вт) электропаяльник.

Устройство КПЕ показано на **рис. 1**. Он состоит из статора (детали 1, 12), ротора (детали 5, 6, 8, 18, 19) и корпуса (детали 2, 10, 11, 16, 17). Его ёмкость зависит от угла поворота ротора относительно статора, т. е. от взаимно перекрываемой площади роторных и статорных пластин, их числа и воздушного зазора между ними. Пластины статора 1 закреплены пайкой на фиксаторах 12, которые, в свою очередь, закреплены в отверстиях боковых планок 16 корпуса КПЕ. Пластины ротора 5 припаяны к валику 6 и фиксатору 8. Валик 6 вращается в подшипниках 14, закреплённых на планках 16 винтами 15. Осевое смещение ротора предотвращают закреплённые на валике 6 ограничительные шайбы 18, упирающиеся в подшипники 14, а в направлении, перпендикулярном оси, — ограничители-токосъёмники 7, закреплённые на подшипниках 14 и планках 16 винтами 15. Корпус КПЕ представляет собой прямоугольную рамку, состоящую из скреплённых винтами 10 и 17 двух планок 16 и поперечных планок 2 и 11.

Рис. 1. Конструкция КПЕ: **1** — пластина статора, жесть, латунь листовая толщиной 0,5 мм, 8 шт., паять к фиксаторам 12; **2** — планка торцевая, стеклотекстолит листовой толщиной 6 мм, крепить к деталям 16 винтами 17; **3** — гайка М3, 2 шт.; **4**, **9** — винт М3×15, 2 шт., фиксировать в найденном положении гайками 3; **5** — пластина ротора, жесть, латунь листовая толщиной 0,5 мм, 8 шт., паять к валику 6 и фиксатору 8; **6** — валик ротора, трубка латунная тонкостенная (отрезок колена телескопической антенны), паять к пластинам 5; **7** — токосъёмник-ограничитель, проволока стальная диаметром 0,8 мм, 2 шт., крепить к деталям 14 и 16 винтами 15; **8** — фиксатор роторных пластин, проволока медная диаметром 3,2 мм, 2 шт., паять к дет. 5; **10** — винты (М3×12, 4 шт.) крепления планки 11 к деталям 16; **11** — планка, стеклотекстолит толщиной 6 мм, крепить к деталям 16 винтами 10; **12** — фиксатор статорных пластин, проволока медная диаметром 3,2 мм, 2 шт., паять к деталям 1; **13** — лепесток, медь, латунь листовая толщиной 0,5 мм, 2 шт., крепить к дет. 16 винтом 15; **14** — подшипник, латунь толщиной 1 мм, 2 шт., крепить к детали 16 винтом 15; **15** — винт М3×6, 6 шт.; **16** — планка боковая, стеклотекстолит толщиной 6 мм, 2 шт., крепить к деталям 2 и 11 винтами 10 и 17; **17** — винт М3×12, 4 шт.; **18** — шайба ограничительная, латунь толщиной 1 мм, 2 шт., паять к детали 6; **19** — штифт, проволока медная диаметром 2 мм, запрессовать в деталь 6 до пайки шайб 18.

При изготовлении КПЕ заготовки одинаковых деталей (пластин ротора и статора, подшипников 14, планок 16) рекомендуется обрабатывать совместно, объединив их в пакеты с помощью заклёпок или винтов с гайками (именно для этого предусмотрены отверстия диаметром 2,6 мм в пластинах ротора).

В описываемом варианте КПЕ статор и ротор содержат по восемь пластин, воздушный зазор между ними — около 2 мм, максимальная ёмкость — около 90 пФ. Разумеется, форма пластин, их число и зазор между ними могут быть и иными, здесь многое зависит от возможностей и опыта радиолюбителя, например, браться сразу за изготовление конденсатора с зазором менее 1 мм при отсутствии достаточного опыта в слесарном деле вряд ли стоит.


Рис. 2

Перед сборкой ротора и статора валик 6, фиксаторы 8, 12 и места пайки на пластинах (пояски шириной 2...3 мм вокруг отверстий под валик и фиксаторы) необходимо залудить. Кроме того, следует заготовить вырезанные из гофрокартона, толщиной, равной воздушному зазору между пластинами (т. е. 2 мм), технологические прокладки размерами 35×35 мм (их число должно быть примерно на десяток больше числа пластин). Выбор материала прокладок обусловлен низкой теплоёмкостью гофрокартона, что облегчает процесс пайки пластин к фиксаторам. Далее к верхней (по рисунку) боковой планке 16 привинчивают планки 2 и 11, подшипник 14 и токосъёмник-ограничитель 7. В валике 6 сверлят отверстие под штифт 19. Запрессовав его, надевают на валик ограничительную шайбу 18, после чего его конец вставляют в отверстие, образованное полукруглым вырезом в подшипнике 14 и токосъёмником 7, а концы фиксаторов 12 — в соответствующие отверстия планки 16. Положив на её внутреннюю сторону четыре-пять картонных прокладки, надевают на валик 6 первую пластину ротора, кладут на неё следующую прокладку, затем на выступающие внутрь концы фиксаторов 12 надевают первую пластину статора, кладут следующую прокладку, надевают на валик следующую пластину ротора и т. д. Когда число пластин ротора достигнет трёх-четырёх, в их отверстия диаметром 3,3 мм вставляют фиксатор 8, и в дальнейшем каждую следующую пластину ротора надевают и на валик 6, и на фиксатор 8.

Установив на место последнюю пластину статора, привинчивают вторую планку 16, вставляют в зазор между ней и пластиной статора последние несколько технологических прокладок из гофрокартона, и если необходимо, выбирают излишний зазор между ними дополнительными прокладками нужной толщины. После этого свободные концы фиксаторов 12 вставляют в соответствующие отверстия второй планки 16, а конец трубчатого валика 6 с предварительно надетой на него второй шайбой 18 — в вырез второго подшипника 14, устанавливают на место второй ограничитель-токосъёмник 7 и фиксируют его положение винтом 15.

Взаимное положение пластин ротора и статора фиксируют припоем, прогревая места пайки их к валику и фиксаторам мощным паяльником. Перед пайкой фиксаторы статора 12 устанавливают в положение, в котором их концы выступают за пределы планок 16 примерно на одинаковую величину, а фиксатор 8 — с таким расчётом, чтобы при максимальной ёмкости его нижний (по рисунку) конец надёжно упирался в винт-ограничитель 9.

Завершают сборку установкой на место винтов-ограничителей 4 и 9. Первым фиксируют ротор в положении, соответствующем минимальной ёмкости КПЕ, вторым — в положении, соответствующем его максимальной ёмкости. Положение самих винтов фиксируют гайками 3 (М3). Выступающие концы фиксаторов 12 аккуратно расклёпывают в отверстиях планок 16. Материалы деталей КПЕ и некоторые технологические указания по его сборке содержатся в подписи к рис. 1. Внешний вид одного из вариантов практической конструкции показан на **рис. 2**. ■

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Подставка-индикатор года для новогодней ёлочки

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

На эту подставку (**рис. 1**) устанавливают небольшую настольную новогоднюю ёлочку. Внутри подставки размещено четырёхразрядное табло на газоразрядных индикаторах ИН-12А, которое индицирует смену уходящего года наступающим. Цифры на табло поочерёдно гаснут и зажигаются, и после того как погаснет последняя цифра, например 6, сразу загорится цифра 7. Остальные цифры не меняются.

Схема устройства показана на **рис. 2**, его основа — специализированная микросхема К176ИЕ12 (DD1), предназначенная для построения часов. На её выходах T1—T4 формируются импульсы со скважностью четыре, которые циклически появляются последовательно друг за другом. Импульсы с трёх первых выходов используются для управления транзисторами VT1—VT3, подающими напряжение питания на индикаторы HG1—HG3, а импульсы с четвёртого выхода поступают на делитель частоты, собранный на D-триггере DD2.1. Этот триггер управляет транзисторами VT4 и VT5, подающими напряжение на элементы индикатора HG4.

Питание устройства осуществляется от сети 230 В. Сетевое напряжение через токоограничивающие резисторы R1 и R2 поступает на диодный мост VD1—VD4. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C2. Питающее напряжение поступает на индикаторы через токоограничивающие резисторы R10, R12, R14 и R15. У первых трёх индикаторов коммутирующие транзисторы VT1—VT3 включены параллельно им. Когда транзистор открывается, соответствующий индикатор гаснет. На индикатор HG4 питание поступает через транзисторы VT4 и VT5, которые открываются поочерёдно. Поэтому в каждый момент не светится только одна из трёх первых цифр. Последняя цифра светится постоянно, она только меняется — 6 или 7. Управляющие сигналы на базу транзисторов поступают через токоограничивающие резисторы R7—R9, R11, R13.

Микросхемы питаются от параметрического стабилизатора напряжения 9 В, собранного на элементах R4, R5, C1 и VD5. На вход Z (вывод 12) генераторной части микросхемы DD1 поступают от сети через резисторы R3 и R6 импульсы однополупериодного выпрямленного напряжения. Поэтому частота сети и определяет скорость переключения цифр индикаторов. Диоды VD6 и VD7 защищают вход микросхемы, а конденсатор C3 подавляет импульсные помехи.

Большинство элементов смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 3**. В устройстве применены резисторы МЛТ, C2-23, оксидные конденсаторы — импортные, конденсатор C3 — плёночный или керамический. Конденсаторы C2 и C3, транзисторы и выпрямительные диоды можно взять из компактных люминесцентных ламп, вышедших из строя, но предварительно необходимо проверить исправность этих элементов.

Для корпуса подставки применён контейнер от DVD или CD. Крышка контейнера должна быть прозрачной, основание — любое. Плату, индикаторы и кабель питания с помощью термоклея закрепляют на основании (**рис. 4**) так, чтобы они не мешали надеть крышку. Для кабеля питания в стенке крышки придётся сделать паз. Для подключения индикаторов использован изолированный монтажный провод и подходящие по внутреннему диаметру гнёзда-контакты от разъёмов. Но можно просто намотать участок зачищенного про-



Рис. 1

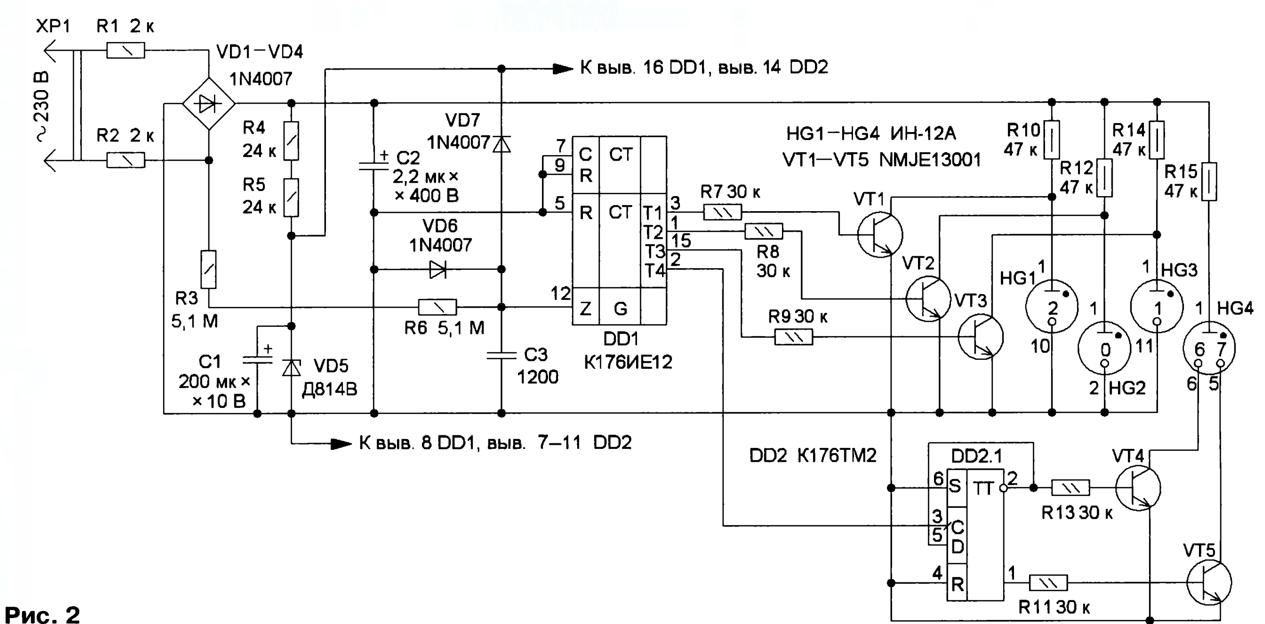


Рис. 2

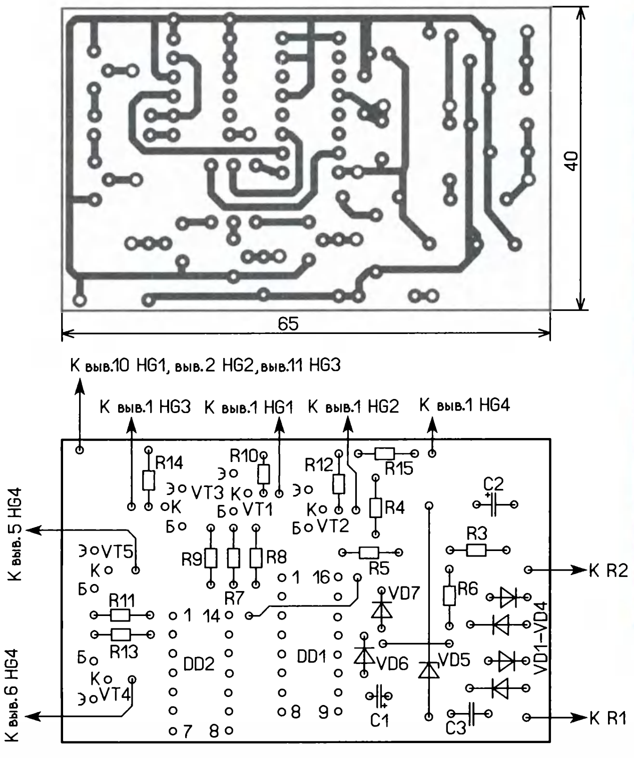


Рис. 3

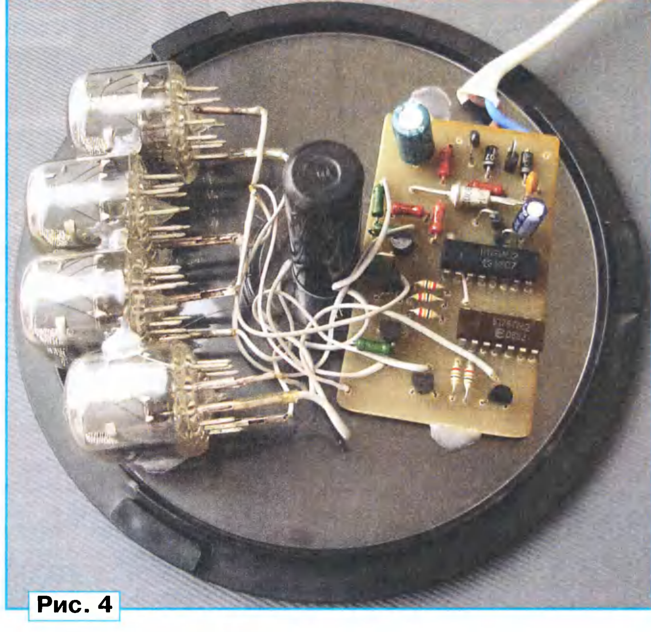


Рис. 4

вода на вывод индикатора и затем закрепить отрезком липкой ленты или термоклеем. Крышка контейнера (за исключением места размещения индикаторов) изнутри покрашена чёрной краской. В следующем году потребуется изменить подключение только одного из выводов индикатора HG4.

Простой искатель скрытой проводки без источника питания

И. ПОДУШКИН, г. Москва

Иногда в быту возникает необходимость определить местоположение электропроводки в стенах или потолках зданий. В журнале "Радио" было опубликовано немало статей с описанием подобных устройств, как автономных [1—6], так и в виде приставок к мультиметру [7, 8]. Однако все они требуют источник питания либо питаются от мультиметра, который, впрочем, также имеет свой источник.

А нельзя ли сделать искатель, не требующий источника питания? Понятно, что такое устройство как минимум должно иметь индикатор. Также интуитивно понятно, что этот индикатор должен быть микромощным и желательно оптическим. Из всего многообразия можно выбрать газоразрядные лампы (неоновые), светодиоды и ЖКИ. У неоновых ламп ток — десятые доли миллиампера, но напряжение зажигания весьма велико — десятки вольт. Среди светодиодов можно найти приборы с током в десятые доли миллиампера и напряжением 1,5...2 В. Однако, по мнению автора, наиболее экономичные — ЖКИ. Они потребляют ток от единиц до десятков (иногда сотен) микроампер при напряжении единицы вольт. Кроме того, в отличие от светодиодов, им не нужно постоянное напряжение, значит, отпадает необходимость в выпрямителе.

Итак, индикатор выбран. Что же дальше? Как заставить его индицировать наличие переменного электрического поля, учитывая, что искатель не должен иметь гальванической связи с проводкой?

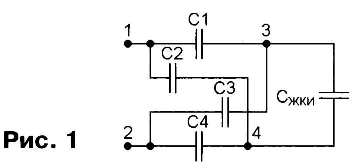


Рис. 1

Вспомним, что обычно электрическая проводка выполнена кабелем с двумя или тремя изолированными проводами диаметром 1...2 мм в общей изоляции. Один из проводов — нулевой или нейтральный, второй — фазный с действующим (среднеквадратическим, эффективным) напряжением 230 В относительно нулевого, третий — заземление (в двухпроводном кабеле его нет). Иногда, крайне редко, встречаются ситуации, когда напряжение в сети формируется двумя фазными проводами. В любом случае можно считать, что на некотором расстоянии от проводов, превышающем их диаметр и расстояние между ними, переменное электрическое поле создано двумя проводами с напряжением 230 В между ними.

Учитывая, что ЖКИ, как элемент электрической цепи, подобен конденсатору [9], рассмотрим схему на **рис. 1**. На ней $C_{ЖКИ}$ — ёмкость ЖКИ (одного элемента относительно общего вывода); 1 и 2 — сетевые провода; 3 и 4 — точки, к которым подключены выводы ЖКИ; C1—C4 — конденсаторы, образованные сетевыми проводами и точками подключения выводов ЖКИ. С учётом того, что, в первом приближении, на большом удалении, превышающем расстояние между сетевыми проводами, ёмкость конденсаторов C1—C4 можно считать одинаковой, получим

$$C = C_{ЖКИ}\frac{U_{ЖКИ}}{U_C - U_{ЖКИ}},$$

где C — ёмкость конденсаторов C1—C4; $U_{ЖКИ}$ — напряжение на ЖКИ; U_C — сетевое напряжение.

В качестве индикатора был выбран одноразрядный семиэлементный ЖКИ FP-056P. Измерения показали, что ёмкость его элемента g относительно общего вывода немного меньше 80 пФ, а напряжение "зажигания" элемента не превышает 3 В. Подставляя эти значения в формулу, получим, что ёмкость конденсаторов C1—C4 должна быть не менее 1 пФ. Такую ёмкость может обеспечить, например, отрезок кабеля с двумя жилами диаметром 1 мм в общей изоляции длиной приблизительно 150...200 мм на расстоянии 20 мм от сетевых проводов. Однако следует учитывать, что такой кабель имеет собственную погонную ёмкость, которую следует суммировать с ёмкостью ЖКИ, поскольку они включены параллельно. Например, измеренная погонная ёмкость кабеля с двумя жилами диаметром 1 мм,

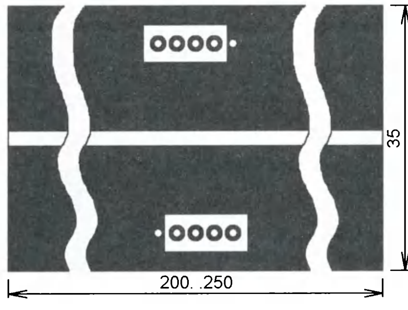
расстоянием между ними 2 мм и в ПВХ-изоляции — около 70 пФ/м. Значит, отрезок такого провода длиной 150 мм имеет ёмкость около 10...15 пФ. Проведённые эксперименты показали, что в реальных ситуациях для поиска скрытой проводки длина проводов искателя должна быть не менее 350...400 мм. С таким искателем крайне неудобно работать, кроме того, электропроводка должна иметь прямолинейные участки такой длины, что на практике выполняется далеко не всегда. Можно, конечно, провода разнести друг от друга на большее расстояние, тем самым уменьшив собственную ёмкость, но как показывают эксперименты, без снижения чувствительности длину проводов существенно уменьшить не удаётся.

А нельзя ли провода заменить чем-то другим? Из курса теоретических основ электротехники известно, что ёмкость провода над бесконечной проводящей плоскостью вдвое больше, чем у двух проводов, разнесённых на такое же расстояние. Можно предположить, что ёмкость провода, находящегося над пластиной конечной ширины, будет иметь какое-то промежуточное значение между этими крайними случаями. Следовательно, провода можно заменить пластинами, которые должны обеспечить необходимую ёмкость.

Задача расчёта ёмкости между двумя пластинами одной ширины, лежащими в одной плоскости, решена в [10]. Там же приведён график зависимости погонной ёмкости от отношения расстояния между пластинами к ширине пластины (рис. 9.4 на с. 227). Учтите, чтобы получить погонную ёмкость в пикофарадах на метр, необходимо значение ёмкости из этого графика умножить на 8,86. Предварительные расчёты показали, что для индикации наличия переменного электрического поля на расстоянии около 20 мм от проводов достаточно пластин шириной 15...20 мм (в случае более широких пластин повышается чувствительность, но увеличиваются собственная ёмкость, габариты и ухудшается точность определения "залегания" сетевого кабеля) с зазором 2...3 мм между ними и длиной 200...250 мм. Увеличение длины пластин также приводит к повышению чувствительности прибора.

Исходя из этого, было принято решение собрать искатель на печатной плате. Её чертёж показан на **рис. 2**, изготовлена она из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. По середине платы параллельно широким сторонам фольга удалена на ширину 2 мм. Образовавшиеся две площадки — это точки 3 и 4 на рис. 1. Измерения показали, что ёмкость между двумя площадками длиной 205 и шириной 16,5 мм — около 6 пФ, соответственно, погонная ёмкость — около 30 пФ/м, что более чем вдвое меньше погонной ёмкости двух проводов в общей изоляции, о которых шла речь выше. К одной площадке на плате припаян общий вывод ЖКИ, к другой — вывод элемента g. Это сделано с той целью, чтобы элемент g индицировал направление расположения проводов электросети. Такой искатель уверенно "распознаёт" наличие электропроводки на расстоянии 15...20 мм, что вполне достаточно для практики.

Если кому-то недостаточно одного "зажжённого" элемента, можно подключить два, расположенных по краям, — элементы a и d (выводы 7 и 2 ЖКИ FP-056P), оставив общий вывод неподключённым. В этом случае вдвое увеличится напряжение "зажигания", зато вдвое уменьшится суммарная ёмкость ЖКИ, поскольку его элементы окажутся включёнными последовательно. Эксперименты с таким включением двух элементов показали, что действительно чувствительность искателя заметно не изменилась, но появился "неприятный" эффект, связанный с хаотичным и непредсказуемым включением неподключённых элементов, хотя его можно считать и положительным, поскольку происходит дополнительная индикация наличия переменного электрического поля.



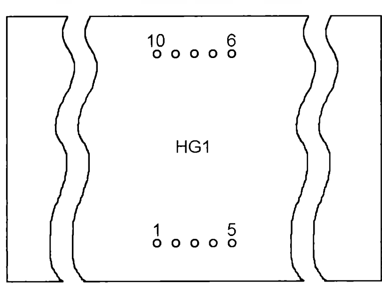


Рис. 2

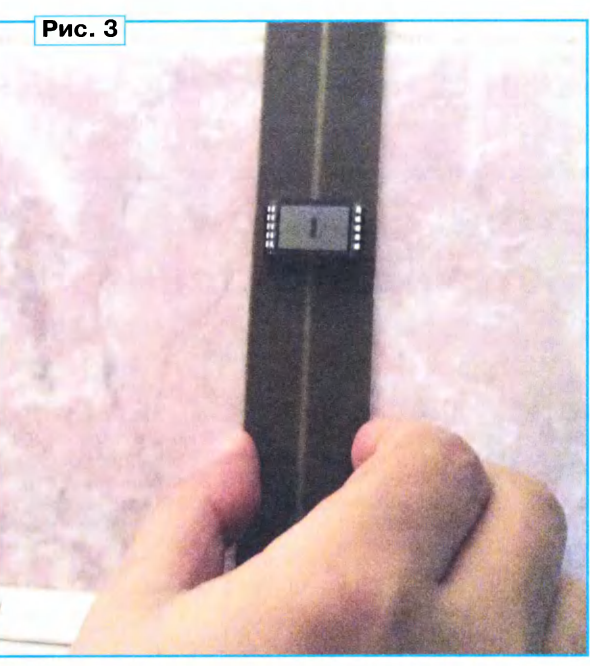


Рис. 3

Искателем пользоваться очень просто: необходимо плату приложить к стене и двигать, поворачивая на небольшие углы в противоположные стороны. По максимуму "свечения" элемента или элементов определяют место "залегания" электропроводки (**рис. 3**).

Повысить чувствительность (увеличить расстояние, на котором искатель "чувствует" электропроводку) можно, прикоснувшись пальцем руки к одной из площадок платы. При этом один из выводов ЖКИ через ёмкость человека соединяется с землёй. Поскольку в большинстве случаев нейтральный провод электропроводки также соединён с землёй, теоретически ёмкость конденсаторов C1 и C3 (или C2 и C4, в зависимости от того, к какому выводу ЖКИ прикоснуться) для нормальной работы искателя может быть меньше. Правда, такое возможно только в том случае, когда ёмкость человека больше ёмкости C1 и C3 (или C2 и C4), что выполняется далеко не всегда. В первую очередь, это зависит от окружающей обстановки, от расположения человека относительно заземлённых конструкций, в основном труб отопления и водопроводных или арматуры железобетонных конструкций, а также от расположения самой электропроводки. В любом случае стоит попробовать!

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гордеев В., Павлов Л.** Как обнаружить скрытую проводку? — Радио, 1981, № 4, с. 54, 55.
2. **Огнев В.** Простой искатель скрытой проводки. — Радио, 1991, № 8, с. 85.
3. **Вороненков В.** Простой искатель скрытой проводки. — Радио, 2002, № 1, с. 56.
4. **Макеев Д.** Малогабаритный искатель скрытой проводки. — Радио, 2004, № 3, с. 56, 57.
5. **Потапчук М.** Микроконтроллерный искатель проводки. — Радио, 2006, № 2, с. 44, 45.
6. **Нечаев И.** Искатель скрытой электропроводки на основе газонного светильника. — Радио, 2014, № 4, с. 48, 49.
7. **Нечаев И.** Искатель скрытой проводки на базе цифрового мультиметра. — Радио, 1998, № 5, с. 41, 42.
8. **Подушкин И.** Простой искатель скрытой проводки — приставка к мультиметру. — Радио, 2013, № 6, с. 33, 34.
9. **Юшин А.** Жидкокристаллические цифрознаковые индикаторы. — Радио, 1985, № 6, с. 59, 60.
10. **Бинс К., Лауренсон П.** Анализ и расчёт электрических и магнитных полей. Пер. с англ. — М.: Энергия, 1970.

Светодиодная гирлянда

Е. ПАНЬКОВ, г. Пермь

Предлагаемая светодиодная гирлянда предельно проста (её схема показана на **рис. 1**,а) и предназначена для установки на небольшую настольную искусственную ёлочку или на еловые ветки, поставленные в вазу с водой. Особенность гирлянды — в технологии её изготовления: для уменьшения риска механического разрушения светодиодов под действием растягивающего усилия, создаваемого соединительными проводами, припаянными к их относительно длинным выводам, в данной гирлянде выводы перед монтажом укорочены до 3 мм. А чтобы при пайке на таком близком расстоянии от кристалла не повредить светодиод, использован припой с низкой температурой плавления (96 °C) — сплав Розе, содержащий, кроме олова и свинца (по 25 %), ещё и висмут (остальное).

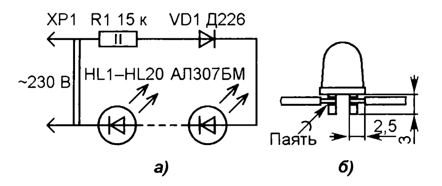


Рис. 1

Выводы светодиодов для гирлянды рекомендую обрезать не кусачками, а ножницами, чтобы не образовывались острые кромки, и после пайки трёх слоёв маникюрного лака было достаточно для безопасной электроизоляции. Для соединения светодиодов друг с другом и с сетевой вилкой используют провод МГТФ сечением (по меди) 0,1 или 0,12 мм^2 во фторопластовой изоляции (предпочтителен потому, что его изоляция при нагревании не деформируется). Концы проводов, припаиваемых к светодиодам, предварительно облуживают обычным оловянно-свинцовым припоем. Это необходимо для того, чтобы во время пайки их к светодиодам сплавом Розе скрученные концы проводов не расплетались с образованием острых выступов (которые потом будет трудно хорошо изолировать лаком), а оставались круглыми.

При лужении проводов лучше использовать не канифоль (она при пайке сплавом Розе не расплавится), а так называемую паяльную кислоту, представляющую собой раствор хлористого цинка, т. е. продукт химической реакции цинка с соляной кислотой. Проволоки, из которых состоит жила провода, перед лужением нужно обязательно скрутить, и чтобы скрутка оставалась круглой, во время лужения на неё не давить.

Перед припаиванием проводов обрезанные выводы светодиодов следует тщательно зачистить острой бритвой со всех сторон, а затем облудить сплавом Розе с паяльной кислотой, иначе пайка будет непрочной и провода могут потом оторваться. Завершив монтаж, все места пайки и прилегающие участки свободных от изоляции проводов и выводов светодиодов необходимо покрыть не менее чем тремя слоями маникюрного лака.

В гирлянде автора светодиоды между собой соединены отрезками провода длиной около 150 мм, от крайних светодиодов до сетевой вилки — примерно 1,7 м. На расстоянии примерно 150 мм от вилки на проводах расположена пластмассовая коробка размерами 65×40×20 мм, в которой находятся диод VD1 и резистор R1 (МЛТ-2). Для крепления проводов в одной из её стенок просверлены два отверстия под винты М3. Внутри коробки каждым из концов провода, в разрыв которого включены диод и резистор, сделан один виток вокруг своего винта, после чего провода прочно зажаты между стенкой коробки и картонными шайбами, поверх которых на винты надеты металлические шайбы и навинчены гайки. Диод и резистор висят на проводах, от винтов и гаек они надёжно изолированы изоляционными трубками и лаком. Вместо Д226 можно применить любой кремниевый диод с прямым током не менее 50 мА и обратным напряжением не менее 400 В (например, КД209А—КД209В, 1N4004—1N4007 и т. п.).

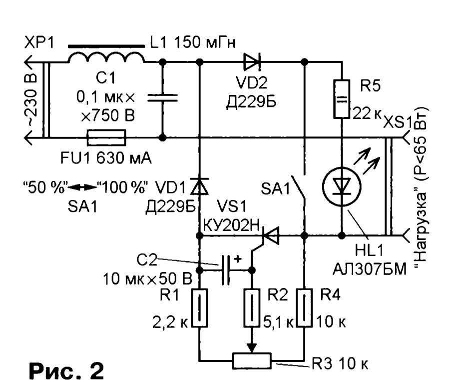


Рис. 2

Для работы с низкоплавким припоем использован обычный тридцативаттный электропаяльник, подключённый к сети через регулятор мощности. В основе устройства (его схема представлена на **рис. 2**) лежит регулятор, описанный в статье **Иванова Б.** "С чего начать. Подставка под паяльник" ("Радио", 1997, № 9, с. 33). В отличие от оригинала, в нём применён более мощный тринистор VS1, введён переключатель (SA1) пределов регулирования мощности, добавлены диод VD1 (для защиты управляющего электрода тринистора от обратного напряжения) и светодиод HL1, сигнализирующий о подключении к устройству нагрузки, потребляющей небольшую (но не менее 0,4 Вт) мощность, а также введён LC-фильтр L1C1, препятствующий попаданию в электросеть помех, возникающих в моменты выключения тринистора.

Устройство смонтировано на стеклотекстолитовой плате размерами 60×65 мм, помещённой в пластмассовый корпус размерами 100×70×40 мм. Возможная замена тринистора КУ202Н (VS1) — КУ202М, диодов Д229Б (VD1, VD2) — Д226, Д237Б. Выключатель SA1 — тумблер ТВ-1. Переменный резистор R3 — СП-1, конденсатор C2 — оксидный К50-12, C1 — МБМ с номинальным напряжением 750 В или импортный плёночный, рассчитанный на работу при переменном напряжении не менее 250 В. Дроссель L1 содержит 150 витков обмоточного провода любого типа диаметром 0,2...0,3 мм, намотанного в два слоя на ферритовом (400НН, 700НМ) стержневом магнитопроводе диаметром 8 и длиной 38 мм, межслойная изоляция — поливинилхлоридная изолента.

На ручке управления переменным резистором R3 сделана радиальная отметка, указывающая её положение относительно шкалы. Последняя находится на корпусе устройства и состоит из 50 штрихов с шагом примерно 1 мм. Каждый пятый штрих — удлинённый, каждый десятый — оцифрован (что соответствует 0, 10, 20, 30, 40 и 50 условным единицам мощности). Эта условная шкала предназначена только для ориентировки (позволяет фиксировать и запоминать положение ручки, соответствующее разным значениям температуры паяльника — работе со сплавом Розе, с другими припоями и т. д.). В положении переключателя "100 %" шкалу удобно воспринимать как продолжение шкалы предыдущего интервала: например, установку ручки на отметку 10 — как 50 + 10 = 60, на отметку 20 — как 50 + 20 = 70 и т. д.

Регулятор мощности может быть полезен и при использовании паяльника для работы с полимерным термоклеем в виде стержней (без регулятора термоклей подгорает на жале паяльника).

Настроить регулятор (узнать, на какую отметку шкалы устанавливать ручку переменного резистора R3 при пайке сплавом Розе, другими припоями или при работе с термоклеем) можно, измерив температуру жала паяльника термопарой из комплекта цифрового мультиметра DT838. Температура поверхности жала около зачищенного кончика для пайки сплавом Розе должна быть (через 8 мин после включения в сеть) в пределах 150...160 °C (это приблизительно 17,5 деления). Если же измерить температуру нечем, то, определив отметку шкалы, когда сплав Розе начинает плавиться, прибавьте к этому ещё три-четыре деления (чтобы припой не комковался и был достаточно жидким), это и будет положение ручки, соответствующее работе со сплавом Розе.

тел. 608-28-38 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Автоматический выключатель

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Предлагаемое устройство отключает от электросети электронные приборы, перешедшие в дежурный режим, что повышает безопасность их эксплуатации и экономит электроэнергию.

Основное отличие этой конструкции от автоматического выключателя (**Нечаев И.** "Автоматический выключатель бытовой радиоаппаратуры". — Радио, 2016, № 7, с. 38) — использование вместо кнопки "Пуск" любой из кнопок ПДУ питаемого через неё аппарата.

Схема моего автоматического выключателя показана на **рис. 1**. Узел питания в нём выполнен по классической схеме с понижающим трансформатором T1, выпрямителем на диодном мосте VD1 и интегральным стабилизатором напряжения DA1. В состав выключателя входят также приёмник ИК-излучения TSOP31236 (B1), логический узел на микросхемах К561ЛА7 (DD1), К561ТМ2 (DD2) и NE555N (DA2), пороговый датчик тока на основе датчика Холла К1116КП4 (B2). Для коммутации цепи питания защищаемой выключателем аппаратуры применён оптосимистор (твердотельное реле) S202S01 (U1).

После подачи питания на выходе триггера DD2.1 благодаря исходно разряженному конденсатору C4 будет установлен низкий логический уровень, поэтому транзистор VT2 и оптосимистор U1 останутся закрытыми, а питаемая через автоматический выключатель аппаратура обесточенной. Если с помощью ИК ПДУ подать любую команду, сигнал с выхода приёмника ИК-излучения B1, проинвертированный логическим элементом DD1.1, установит триггер DD2.1 в состояние с высоким уровнем на выходе, что откроет транзистор VT2 и оптосимистор U1. Теперь аппаратура подключена к сети.

Одновременно через элемент DD1.2 и цепь C8R2 на одновибратор на интегральном таймере DA2 поступит импульс запуска. Повторный запуск одновибратора сигналом ПДУ будет запрещён сигналом, поступившим с выхода таймера через элемент DD1.3 на вывод 6 элемента DD1.2.

Длительность импульса одновибратора определяют по формуле T=1,1R6C5. При указанных на схеме значениях сопротивления резистора R6 и ёмкости конденсатора C5 она — около 10 с.

В отсутствие сигнала с датчика тока (вся аппаратура выключена или находится в дежурном режиме) транзистор VT1 постоянно закрыт, поэтому по окончании импульса одновибратора триггер DD2.1 возвратится в исходное состояние. Если в цепи сетевого питания аппаратуры протекает ток, больший порогового значения, импульсы с выхода датчика B2 периодически открывают транзистор VT1, что разряжает времязадающий конденсатор C5 и "затягивает" импульс одновибратора на всё время, пока аппаратура включена.

Эскиз конструкции датчика тока показан на **рис. 2**. Его магнитопровод 2 типоразмера Ш6×6 набран "вперекрышку" из пластин электротехнической стали. Один из узких кернов магнитопровода, показанный штриховыми линиями, отрезан. Во втором таком же керне сделан зазор длиной 2 мм, в котором установлен датчик Холла 5. Чувствительная зона датчика (квадрат 2,5×2,5 мм — в центре его поверхности) должна быть расположена на оси керна. Обмотка 1 (на схеме обозначена L1) намотана проводом ПЭВ-2 диаметром 1 мм на широком керне магнитопровода и содержит 30 витков.

Датчик тока можно изготовить и из трансформаторной стали другого типоразмера. Подготовленные пластины соберите в пакет толщиной 4...6 мм, в зазор вклейте микросхему К1116КП4, а на среднем керне намотайте 30—50 витков любого изолированного провода. Сечение этого провода по меди следует выбирать исходя из суммарного тока, потребляемого всей аппаратурой, которую предполагается защитить выключателем, и его плотности 3...3,5 А/мм².

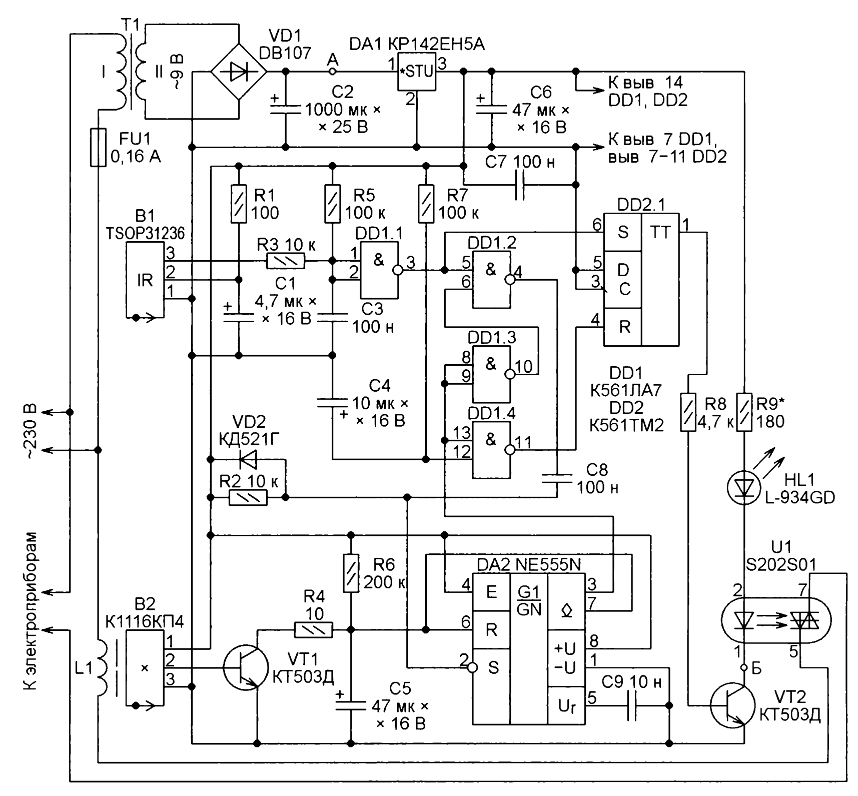


Рис. 1

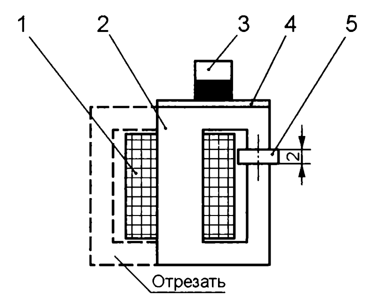


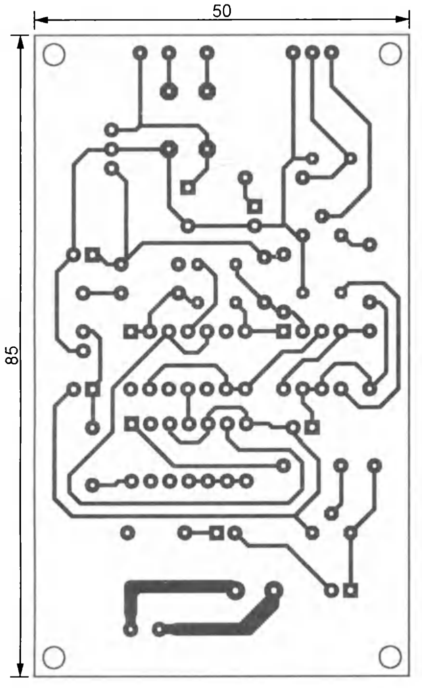
Рис. 2

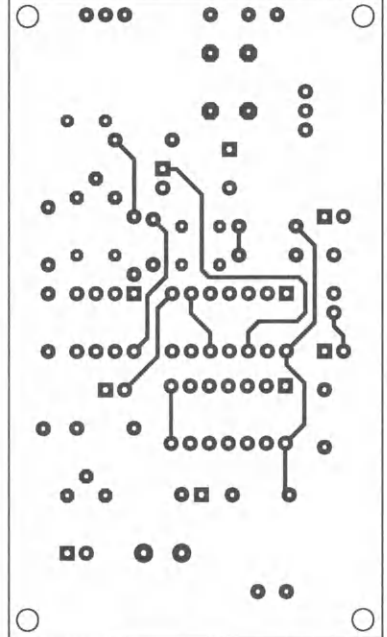
Порог срабатывания изготовленного мною датчика по току — 0,4 А. Для получения такого порога с обмоткой из небольшого числа витков на магнитопровод 2 через немагнитную (текстолитовую) прокладку 4 толщиной 1 мм установлен неодимовый магнит 3 диаметром 6 мм и высотой 5 мм. Направление поля магнита и его положение на магнитопроводе подбирают экспериментально при налаживании.

Все детали выключателя (за исключением трансформатора питания и датчика тока) смонтированы на печатной плате размерами 85×50 мм из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита. Чертёж платы показан на **рис. 3**. Она рассчитана на установку резисторов С1-4 мощностью 0,25 Вт, конденсаторов К10-17Б и оксидных конденсаторов К50-35.

Вместо твердотельного реле U1 в конструкции можно использовать электромагнитное. В этом случае твердотельное реле на плате не устанавливают, а в предназначенные для его

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru





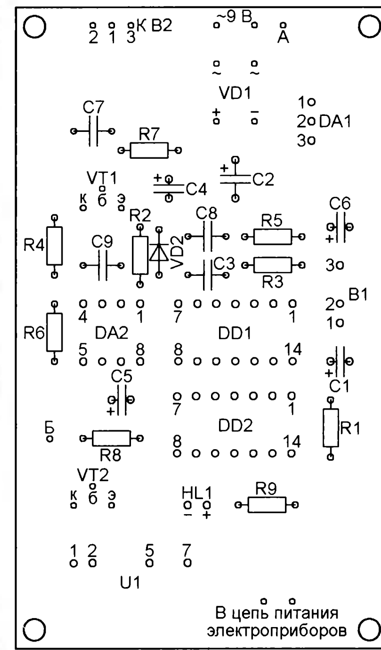


Рис. 3

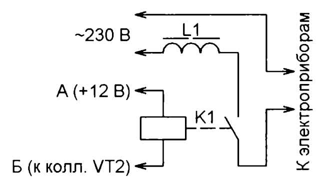


Рис. 4

выводов 1 и 2 отверстия впаивают резистор сопротивлением 330—510 Ом. Электромагнитное реле TR90-12VDC-SC-A1 подключают по схеме, показанной на **рис. 4**.

Для проверки датчика тока включите его обмотку в сеть ~230 В последовательно с лампой накаливания мощностью около 100 Вт. Подав на датчик Холла напряжение питания 5 В, проверьте осциллографом наличие импульсов низкого логического уровня на его выходе. Чем больше длительность этих импульсов, тем чувствительнее датчик. Порог его срабатывания регулируют изменением положения магнита на магнитопроводе и подборкой числа витков обмотки. Необходимый порог зависит от коммутируемой выключателем аппаратуры с наименьшим потребляемым в рабочем режиме током.

Измеренный стрелочным прибором Ц4353 потребляемый ток работающего телевизора — всего 0,2 А, но выключатель с описанным датчиком от него надёжно срабатывает. Это, вероятно, связано с тем, что потребляемый ток имеет импульсный характер, а амплитуда этих импульсов превышает 0,4 А. В дежурном режиме ток, потребляемый телевизором, снижается до 17 мА. Ток, потребляемый самим выключателем в дежурном режиме, не превышает 2,5 мА и в основном зависит от качества трансформатора Т1. Я применил трансформатор ТТП-3 220/9 В на тороидальном магнитопроводе.

В ходе работы над конструкцией выявилась неприятная особенность приёмника ИК-излучения TSOP31236 — низкая помехоустойчивость. Это приводило к включению телевизора без сигнала с ПДУ. Для устранения этого явления на выходе приёмника включена интегрирующая цепь из резистора R3 и конденсатора С3. Хочу отметить, что снятые со старой аппаратуры приёмники ИК-излучения DHR38N, 27N2Y2 более помехоустойчивы. Они работали надёжно без помехоподавляющей цепи.

Пользоваться выключателем очень просто. Первое нажатие на любую кнопку ПДУ активирует выключатель, загорается светодиод HL1, информирующий о включении питания аппаратуры. Если в течение 10 с после этого никаких нажатий на кнопки ПДУ не было, по их истечении питание будет выключено и выключатель вернётся в режим ожидания. Если же за это время нажатием на кнопку "Power" ПДУ аппарат, которому адресована эта команда, был приведён в действие, питание останется включённым. На последующие команды включение—выключение других аппаратов выключатель реагировать не будет, пока суммарный потребляемый всеми действующими аппаратами ток не упадёт ниже порога. Через 10 с после этого выключатель отключит сеть и перейдёт в режим ожидания, в котором будет оставаться до нового нажатия на кнопку ПДУ.

Индикатор напряжения для сетевого удлинителя

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Хочу поделиться опытом изготовления оригинального индикатора наличия напряжения в сети ~230 В. Многие радиолюбители помнят время, когда на системных блоках компьютеров стояли индикаторы тактовой частоты процессора, состоящие из светодиодного трёхразрядного семиэлементного индикатора и множества перемычек, переставляя которые, можно было вывести на индикатор любое число от 000 до 999.

Такой индикатор очень долго лежал у меня на полке. Распаивать его не хотелось, поскольку я надеялся сделать из него что-нибудь оригинальное, а не просто получить трёхразрядный индикатор и два десятка ненужных перемычек...

И вот недавно, когда я делал сетевой удлинитель с индикатором наличия напряжения на синем светодиоде, мне на глаза попался этот индикатор. Синий светодиод был без сожаления убран, а в удлинитель вставлен индикатор, на котором светится число 230 зелёного цвета, означающее номинальное напряжение в сети. Я запитал индикатор от простейшего блока питания с гасящим конденсатором по схеме, изображённой на **рис. 1**.

Прим. ред. *Чтобы случайно не прикоснуться к деталям платы индикатора, находящимся под напряжением сети, щели между отверстием в корпусе удлинителя и индикатором необходимо закрыть накладкой из изоляционного материала. Для ограничения броска тока при включении последовательно с плавкой вставкой следует установить резистор сопротивлением 20...30 Ом и мощностью 0,25...0,5 Вт.*

Но сначала индикатор нужно было подключить к источнику постоянного напряжения 5 В, предварительно установив перемычки так, чтобы зажглось число 230, и измерить мультиметром потребляемый ток. Его необходимо знать, чтобы правильно выбрать ёмкость гасящего конденсатора С1. Формулы для её расчёта можно найти, например, в статье **С. Бирюкова** "Расчёт сетевого источника питания с гасящим конденсатором" ("Радио", 1997, № 5, с. 48—50). С достаточной точностью можно считать, что если ёмкость этого конденсатора равна 1 мкФ, а выпрямитель двухполупериодный (как в рассматриваемом случае), то этот ток будет около 60 мА. Из них 50 мА потечёт через индикатор HG1, а остаток возьмёт на себя стабилитрон VD2. При случайном отключении индикатора стабилитрон защитит от пробоя сглаживающий конденсатор С2, напряжение на котором не превысит 6 В. Если использовать индикатор с другим током, то ёмкость конденсатора С1 нужно изменить пропорционально току.

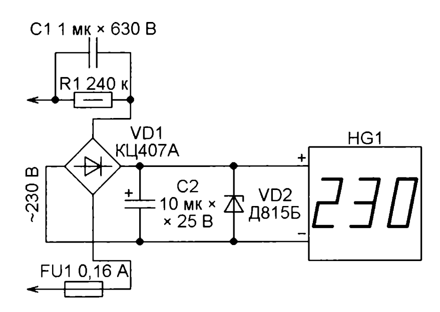


Рис. 1

Плавкая вставка FU1 нужна на случай пробоя конденсатора С1. Перегорев, она предотвратит грозящее большими неприятностями повреждение подводящих сетевое напряжение проводов и элементов защищаемого устройства. Было решено испытать плавкие вставки на 0,16 А и 0,25 А. Для того чтобы точно определить, не перегорит ли вставка на 0,16 А от броска зарядного тока конденсатора С1 при первоначальном включении, было произведено около десятка медленных включений сетевой вилки в розетку и её выключений. Многие из них сопровождались искрением. Но вставка на 0,16 А выдержала это испытание. Понятно, что вставка на 0,25 А выдержит его тем более.

Резистор R1 предназначен для быстрой разрядки конденсатора С1 после отключения устройства от сети. Иначе можно получить электроудар, случайно прикоснувшись к контактам отключённой от розетки сетевой вилки.

Поскольку индикатор должен работать круглосуточно, чтобы обеспечить нужную надёжность, следует применить в качестве С1 импортный аналог плёночного конденсатора К73-17 с допустимым постоянным напряжением не менее 630 В (или переменным не менее ~275 В). К сожалению, отечественная промышленность не выпускает конденсаторы К73-17 на 630 В ёмкостью более 0,47 мкФ, поэтому, если подходящего импортного конденсатора нет, придётся соединить два таких конденсатора параллельно.

Можно пойти и по другому пути — использовать сетевое зарядное устройство для сотового телефона. Главное, чтобы его плата поместилась в корпус удлинителя. Это значительно повысит безопасность эксплуатации удлинителя. Но следует убедиться, что выходное напряжение зарядного устройства равно 5 В (все современные зарядные устройства с разъёмом microUSB этому требованию удовлетворяют).

Рис. 2

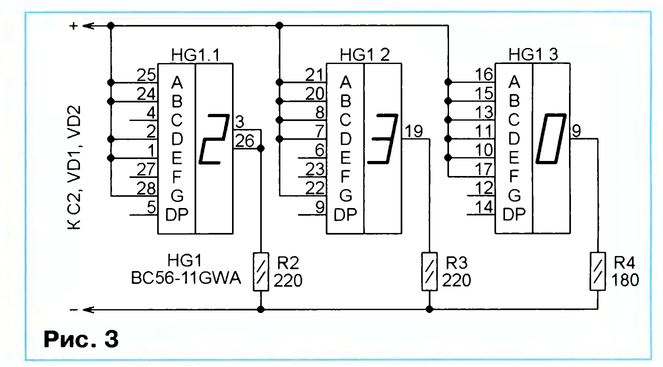


Рис. 3

Если же зарядное устройство предназначалось для телефона старой модели и его выходное напряжение более 5 В, последовательно с индикатором необходимо включить ограничительный резистор, подобрав его так, чтобы ток индикатора не превышал ранее измеренного значения.

Вместо платы с индикатором тактовой частоты от старого компьютера, если её найти не удалось, можно использовать любой светодиодный трёхразрядный семиэлементный индикатор, разряды которого имеют раздельные выводы элементов (общее число выводов таких индикаторов — 28). Индикатор с общими анодами разрядов включают по схеме, изображённой на **рис. 2**, а с общими катодами — на **рис. 3**. Конечно, можно применить и три одноразрядных индикатора или четырёхразрядный, не использовав в нём один разряд. Подбирая резисторы R2—R4, устанавливают желаемую яркость свечения цифр.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

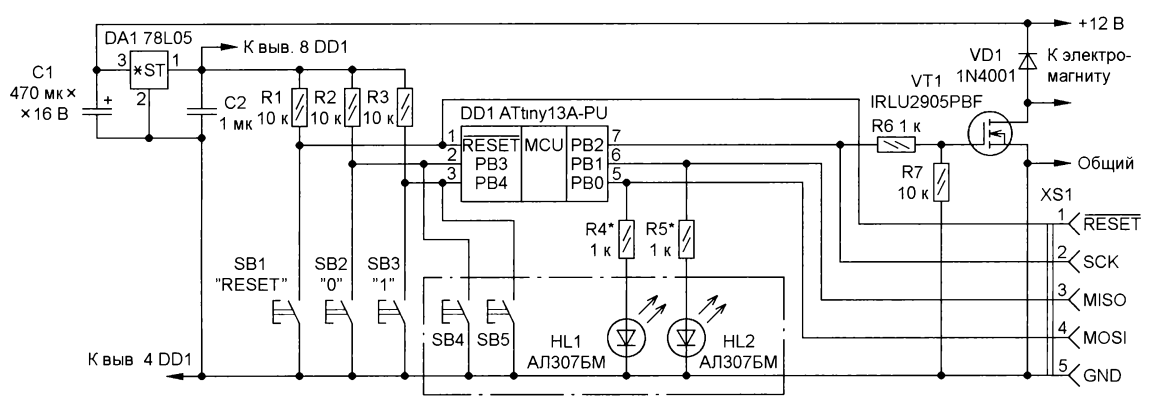
Электронный замок с псевдодинамическим кодом

И. КАРПУНИН, г. Нижний Тагил Свердловской обл.

В статье предложен оригинальный кодовый замок с "плавающим" кодом. По мнению автора, такой замок по степени секретности превосходит известные с постоянным кодом.

В основе любого кодового замка лежит принцип сравнения последовательности символов (цифр или букв), заложенных в память замка, и комбинации символов, вводимых с внешней клавиатуры. При совпадении этих двух последовательностей (кодов) замок выдаёт команду на исполнительный механизм, открывающий "потаённую дверцу".

Известно огромное множество подобных конструкций — дверные замки, сейфовые, гаражные и пр. К сожалению, все они имеют один общий недостаток: код, записанный в памяти замка, постоянен. Да, его можно оперативно изменить, и это регулярно делается в системах повышенной секретности. Тем не менее модифицированный код сразу же становится постоянным (статичным). А даже код увеличенной длины (иногда для открывания замка требуется ввести комбинацию из 8—12 символов) может



быть подсмотрен, считан тем или иным способом. Ведь для того, чтобы открыть замок со статичным кодом, требуется строго определённая последовательность нажатия на кнопки клавиатуры замка или одна и та же последовательность поворота ручки энкодера.

А если сделать замок, который сам будет постоянно изменять свой внутренний код? Но как же тогда человек, имеющий доступ к открыванию замка, сможет его открыть, не зная текущей кодовой комбинации? Ответ прост: замок должен как-то подсказывать открывающему, что нужно сделать для того, чтобы он открылся.

Идея замка с динамическим кодом возникла у автора более 40 лет назад и сразу же была реализована. Многолетняя эксплуатация таких замков, выполненных на различной элементной базе, показала их абсолютную надёжность. Ни один из многочисленных вариантов замков, изготовленных по такому принципу, никому не удавалось открыть без подсказок лиц, знающих принцип их открывания. Такие случаи, к сожалению, были. Но человеческий фактор всегда был и остаётся самым уязвимым звеном в любой секретной или криптографической системе.

Рассмотрим принцип работы кодового замка с псевдодинамическим кодом. Предлагаемый упрощённый вариант замка имеет всего две кнопки, на которые требуется нажать в какой-то последовательности заданное число раз. При этом замок на каждое нажатие на любую из кнопок модифицирует свой внутренний код, а точнее, изменяет требуемую очерёдность нажатия на кнопки по случайному закону. В итоге, даже если злоумышленник будет стоять рядом с человеком, открывающим дверь, и запомнит очерёдность нажатия на кнопки, он не сможет открыть замок, повторив только что набранную комбинацию. Более того, если человек, который набрал правильный код, но по какой-то причине не вошёл в открывшуюся дверь, попытается сделать это ещё раз через несколько секунд, он должен будет нажимать на кнопки замка уже в совершенно другой последовательности!

Дополнительная защитная опция замка — режим автоблокировки, который "замораживает" замок на некоторое время в случае попытки его открывания методом подбора. И чем дольше злоумышленник будет пытаться открыть замок, нажимая наугад на кнопки, тем дольше замок будет находиться в состоянии блокировки.

Как же происходит набор требуемого кода? Всё просто: рядом с кнопками находятся два светодиода, свет от которых проходит через коллиматоры, ограничивающие угол рассеивания светового потока. Попросту говоря, светодиоды видны только тому, кто стоит непосредственно перед клавиатурой замка. Следовательно, и "подсказка" замка видна только тому, кто его открывает. Но это не значит, что посторонний наблюдатель сможет воспользоваться такой подсказкой.

Допустим, рабочий код замка — четырёхразрядный (а в нашем случае он может быть любой, от двух-трех до восьми разрядов). Тогда для открывания замка потребуется четыре раза нажать на кнопки в требуемой очерёдности. Предположим, что замок запрограммирован на открывание кодом "1—0—0—1". Если принять, что левой кнопке замка присвоено значение "1", а правой — значение "0", то для открывания замка потребуется следующая последовательность нажатий на кнопки: "левая—правая—правая—левая".

Теперь допустим, что на каждое нажатие на кнопку замок по случайному закону изменяет значения, присвоенные кнопкам. Следовательно, после первого же нажатия статус кнопок может измениться, но может и остаться прежним. Так вот подсказки, которые делает замок, включая один из светодиодов, касаются не самого кода, а только статуса кнопок, т. е. замок сообщает лишь то, какая кнопка при следующем нажатии будет "нулевой", а какая — "единичной". Тогда для того чтобы ввести требуемый код "1—0—0—1", нужно будет нажимать на кнопки не в последовательности "левая—правая—правая—левая", а в последовательности "светится—не светится—не светится—светится".

Для того чтобы этот алгоритм работал корректно, перед набором следует обнулить внутренние регистры памяти замка, в которых уже могла быть случайно записана какая-то информация. Для этого нужно одновременно нажать сразу на обе кнопки, что подтверждается включением обоих светодиодов на 0,2 с. В этот момент генератор случайных чисел определит статус кнопок для следующего нажатия и включит тот или другой светодиод-подсказку. После очередного нажатия статус кнопок вновь будет переопределён, и снова один из светодиодов подскажет, какая кнопка стала "единичной" для следующего нажатия. Если же пауза между очередными нажатиями на кнопки продлится больше 5 с, замок выключит оба светодиода и будет оставаться в таком состоянии до следующего нажатия на любую из кнопок. Состояние внутренних регистров микроконтроллера при этом останется неизменным.

В случае ошибки при наборе кода потребуется снова обнулить замок одновременным нажатием на обе кнопки и

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru

начать набор кода с первой "цифры". Если же выполнено три обнуления замка, но правильный код так и не введён, замок посчитает это несанкционированной попыткой открывания методом подбора и автоматически заблокируется на некоторое время, в течение которого он даже при наборе правильной комбинации уже не откроется. Внешне режим автоблокировки никак не отличается от штатного — светодиоды будут продолжать хаотично мигать при каждом нажатии на кнопки. Замок вернётся в рабочее состояние только после пятиминутного интервала, если в течение этого времени ни одна из кнопок не будет нажата.

Очевидно, что даже при четырёхзначном коде открыть такой замок постороннему будет очень непросто. А если длину кода увеличить до 6—8 знаков, то открыть его практически невозможно.

Предлагаемый электронный замок собран на микроконтроллере ATtiny13A-PU в корпусе DIP-8 (см. **рисунок**). Устройство не имеет никаких особенностей. В электронном замке применены конденсаторы: C1 — оксидный К50-35 или импортный с номинальным напряжением не менее 16 В, C2 — керамический.

Кнопки панели управления — КМ1-1 или другие с одной группой нормально разомкнутых контактов. Кнопки на плате — SWT-20-4,3 или любые другие аналогичные, предназначенные для монтажа на плату в отверстия. Подойдут как четырёхвыводные, так и двухвыводные кнопки. Интегральный стабилизатор — серии 78L05 в корпусе ТО-92, его можно заменить на любой другой с напряжением стабилизации 5 В и номинальным током нагрузки 50...100 мА. Диод VD1, шунтирующий обмотку электромагнита, можно заменить на отечественный КД226А или другой с подходящими параметрами.

Питание устройства осуществляется от внешнего нестабилизированного 12-вольтного источника. Максимальный выходной ток источника зависит от рабочего тока применённого электромагнита, открывающего механическую часть замка. В сетевом блоке питания желательно предусмотреть буферную аккумуляторную батарею ёмкостью 4...7 А·ч. Это обеспечит длительную работу замка даже при отключении сетевого напряжения.

Электромагнит коммутируется полевым транзистором IRLU2905PBF с логическим уровнем управления в корпусе I-Pak (TO-251AA). Этот транзистор, как и большинство остальных деталей, может быть заменён другим с подходящими параметрами: максимальное напряжение сток—исток — не менее 30 В, максимальный ток стока — не менее 5 А (зависит от тока срабатывания электромагнита), в таком же корпусе или ТО-220. Возможно применение биполярного составного транзистора, например, КТ829А или КТ827А. Учитывая, что электромагнит во включённом состоянии остаётся всего лишь 5 с, а промежутки времени между повторными срабатываниями, как правило, гораздо больше, установка коммутирующего транзистора на теплоотвод не обязательна. В крайнем случае можно использовать небольшую пластину из меди, латуни или алюминия толщиной 1,5...2 мм площадью 10...15 см^2.

Управляется замок двумя кнопками SB4 и SB5, которые служат для ввода требуемого кода. На панели управления замком (на схеме выделена штрихпунктирной линией) над каждой из кнопок ввода кода установлен отдельный светодиод. Светодиод HL1 соответствует кнопке SB4, а светодиод HL2 — кнопке SB5. Светящийся светодиод показывает, какой кнопке в текущий момент присвоен статус "1". Соответственно, неподсвеченная кнопка имеет статус "0".

При желании и некотором опыте эксплуатации замка можно оставить только один светодиод, расположив его между кнопками ввода. Это ещё больше затруднит несанкционированное открывание замка. Цвет свечения светодиодов — красный, диаметр 3...5 мм. Можно применять как отечественные светодиоды серии АЛ307, так и импортные.

Кнопка SB1 расположена на плате устройства и предназначена для перевода замка в режим перепрограммирования кода. Для удобства перепрограммирования, в том случае, если панель управления замка установлена на некотором расстоянии от его электронной части, на плате лучше предусмотреть места для установки двух дополнительных кнопок SB2 и SB3, дублирующих кнопки ввода кода на панели управления SB4 и SB5, а также двух дополнительных светодиодов (на схеме не показаны), которые в таком случае нужно включить последовательно с основными светодиодами панели управления. При этом потребуется уменьшить сопротивление резисторов R4 и R5 приблизительно до 100 Ом. Поскольку ввод контрольного кода, разрешающего изменение рабочего кода, не предусмотрен, доступ к кнопкам SB1, SB2 и SB3 должен быть возможен только при снятии защитного кожуха (крышки) с корпуса кодового замка.

Для перевода замка в режим перепрограммирования кода следует одновременно нажать на обе кнопки ввода (или дублирующие кнопки на плате устройства). Замок коротко "моргнёт" светодиодами. Затем, не отпуская нажатые кнопки, необходимо кратковременно нажать на кнопку SB1 ("RESET"). При перезагрузке микроконтроллер проанализирует состояние кнопок SB2 ("0") и SB3 ("1"). Если они обе находятся в замкнутом состоянии, микроконтроллер перейдёт в режим перепрограммирования кода, просигнализировав об этом однократным коротким включением обоих светодиодов. Следует иметь в виду, что несинхронность одновременного нажатия на кнопки не должна превышать 0,15 с, в противном случае замок может отработать не корректно. Требований к синхронности отпускания кнопок нет.

После отпускания всех кнопок можно ввести новый код требуемой длины последовательными кратковременными нажатиями на кнопки "0" и "1". Нажатие на кнопки при наборе нового кода сопровождается коротким включением соответствующего светодиода. Завершается перепрограммирование кода повторным одновременным нажатием на кнопки "0" и "1". Микроконтроллер просигнализирует о завершении перепрограммирования кода двойным коротким включением обоих светодиодов.

В режиме перепрограммирования кода замка генератор случайных чисел не работает и статус кнопок не изменяется, т. е. при нажатии на кнопку "0" в EEPROM микроконтроллера всегда вводится 0, а при нажатии на кнопку "1" всегда вводится 1. Длина (разрядность) кода определяется автоматически и также записывается в EEPROM микроконтроллера.

Конструкция панели управления замка может быть произвольной, но при этом должна защищать кнопки и светодиоды от возможных механических повреждений и отвечать требованиям эргономики. Оптимальное расстояние между кнопками — 40...60 мм. Светодиоды целесообразно располагать на расстоянии 30...40 мм над кнопками. Кнопки не должны выступать над поверхностью панели управления, а светодиоды следует поместить как можно дальше (глубже) от внешней поверхности, чтобы световой поток от них проходил через узкие каналы коллиматоров (отверстия диаметром не более 1...1,5 мм и глубиной не менее 5 мм) и не рассеивался во все стороны. Ещё лучше сделать канал коллиматора в виде конусного отверстия с углом раскрытия 10...15°. Яркость светодиодов должна быть минимально достаточной для уверенной идентификации при любых условиях внешней освещённости. Регулируют яркость подбором резисторов R4 и R5.

Если первоначальное программирование микроконтроллера будет производиться непосредственно на собранном устройстве (внутрисистемное программирование), на плате следует предусмотреть пятиконтактный разъём для подключения программатора. На схеме этот разъём обозначен XS1. Из-за невысокой нагрузочной способности выходов некоторых программаторов программирование рекомендуется выполнять при выпаянных светодиодах и резисторе R6.

При первоначальном программировании микроконтроллера в его EEPROM записывается тестовый трёхразрядный код "1—1—1", который затем пользователь может заменить на любой другой. Максимальная длина пользовательского кода — восемь разрядов, что, как правило, является избыточным. В микроконтроллере задействован сторожевой таймер WDT, который автоматически перезагрузит устройство в случае его "зависания" по какой-либо причине.

Поскольку схема устройства очень простая и для её реализации можно применить детали различных типоразмеров, чертёж печатной платы не приводится. Её сможет самостоятельно "развести" под свои детали даже начинающий радиолюбитель.

Программа написана в графической среде Algorithm Builder, которую можно по адресу **http://www.algrom.net/russian.html** скачать бесплатно. Там же можно найти схемы простых программаторов для микроконтроллеров Atmel.

От редакции. *Программа и hex-файлы для прошивки микроконтроллера и его EEPROM находятся по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/12/codelock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Пробник для пусконаладочных и электромонтажных работ

Ю. НИГМАТУЛИН, с. Новопетропавловское Курганской обл.

При проведении электромонтажных и пусконаладочных работ часто используют простейшие пробники, аналогичные по схеме, показанной на **рис. 1**. При отпущенной кнопке SB1 им можно определить наличие переменного напряжения 100...400 В частотой 50 Гц (в основном при поиске фазного провода), при этом светится неоновая лампа HL1. При нажатой кнопке пробником можно ориентировочно оценить сопротивление проверяемой цепи постоянному току ("прозвонка"). Если оно в пределах десяти ом, то горит лампа накаливания HL2. К сожалению, очень часто при нажатой кнопке SB1 пробник ошибочно подключают к цепям, находящимся под напряжением сети, в результате чего лампа HL2 мгновенно перегорает...

Рис. 1

Предлагаемый пробник (его структурная схема изображена на **рис. 2**) свободен от этого недостатка. Функцию кнопки SB1 в нём выполняет тринистор VS1, снабжённый устройством управления (УУ). Как и в простейшем пробнике, лампа HL1 индицирует наличие переменного напряжения, лампа HL2 горит при малом сопротивлении контролируемой цепи.

УУ работает следующим образом. Если на щупах пробника X1 и X2 присутствует переменное или постоянное напряжение любой полярности, то блок A2 выдаёт сигнал блокировки на блок A3, выполняющий функцию логического элемента 2И, и сигнал на открывание тринистора VS1 не поступает. При этом светятся неоновая лампа HL1 и один (при постоянном напряжении) или два (при напряжении промышленной частоты 50 Гц) светодиода в блоке A2 (они также указывают полярность приложенного напряжения).

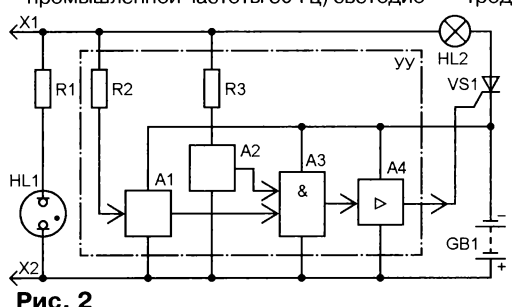


Рис. 2

При отсутствии напряжения на щупах X1 и X2 блок A2 выдаёт разрешающий сигнал на блок A3, и если между щупами присутствует активное сопротивление измеряемой цепи, то срабатывает блок A1 и с выдержкой времени t = 0,5 с выдаёт сигнал разрешения на второй вход блока A3. В результате на выходе последнего появляется сигнал, который усиливается блоком A4, и с его выхода выдаётся сигнал на управляющий электрод тринистора VS1. Тринистор открывается, и если сопротивление между щупами X1 и X2 достаточно мало (не более десятка ом), то загорается лампа накаливания HL2. По степени её накала можно приблизительно судить о величине сопротивления цепи (напомню, что пробник в основном ориентирован на применение в электромонтажных работах на разветвлённых электроосветительных сетях). По яркости свечения светодиодов в блоке A2 также можно оценить величину приложенного к щупам напряжения.

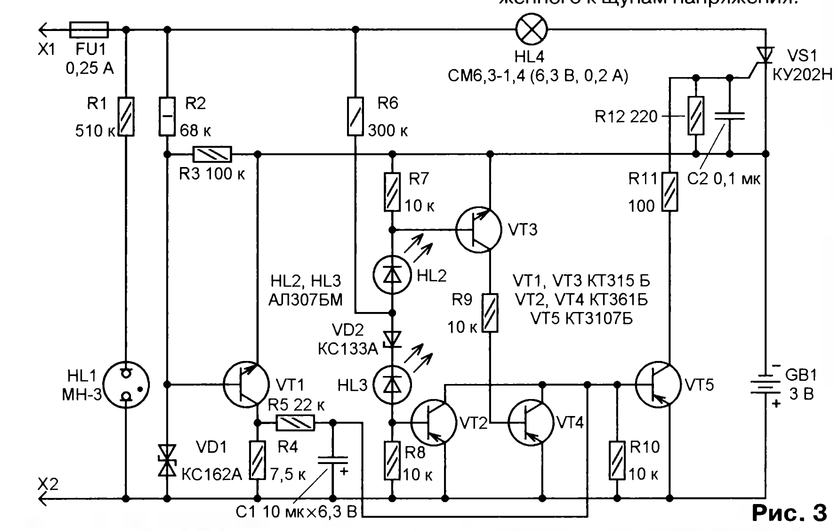


Рис. 3

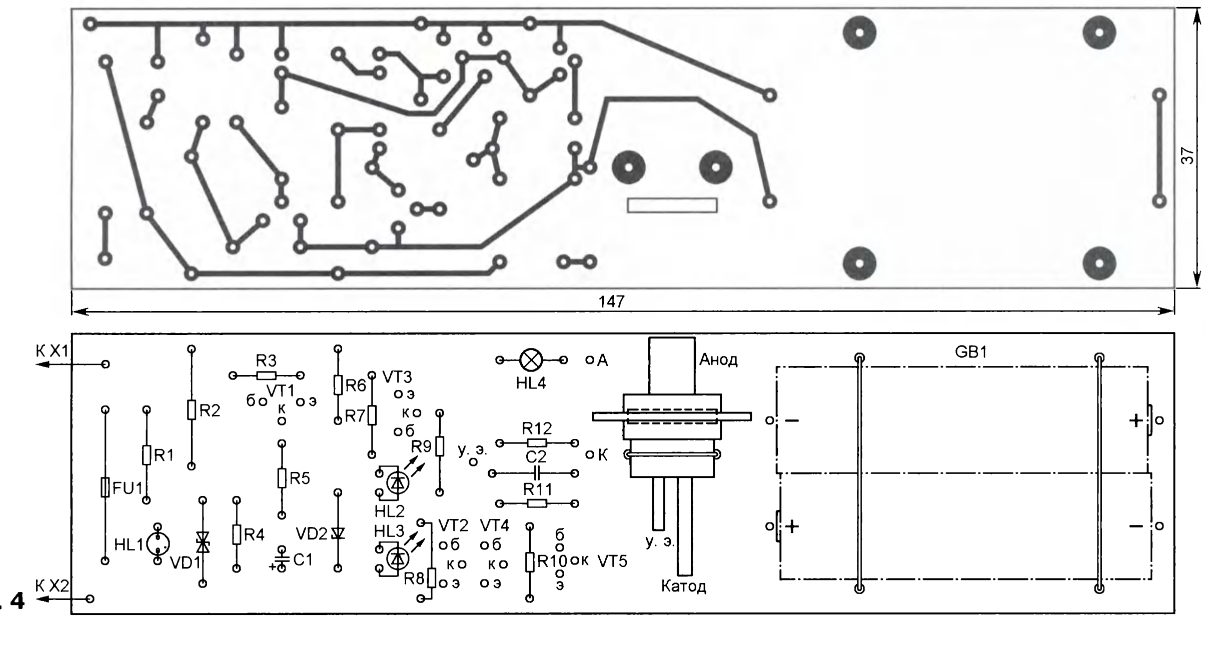


Рис. 4

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

РАДИО
тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Работу пробника рассмотрим по его принципиальной схеме, изображённой на **рис. 3**. Блок A1 выполнен на транзисторе VT1. При подключении щупов X1 и X2 к проверяемой цепи с сопротивлением менее 10 Ом, напряжение на которой отсутствует, открывается транзистор VT1 по цепи плюс батареи питания GB1—щуп X2—измеряемое R_x—щуп X1—плавкая вставка FU1—резистор R2—эмиттерный переход транзистора VT1—минус батареи GB1. Через выдержку времени t = 0,5 с, определяемую элементами R5, C1, открывающий сигнал подаётся на базу транзистора VT5, выполняющего функцию усилителя мощности. Если при этом транзисторы VT2, VT4 закрыты, то транзистор VT5 открывается и на управляющий электрод тринистора VS1 подаётся открывающий сигнал. Последний открывается, и если сопротивление проверяемой цепи R_x не превышает десятка ом, лампа HL4 начинает светиться.

Пусть теперь на входе пробника действует напряжение, минус которого приложен к щупу X1, а плюс — к X2. При этом светится светодиод HL3, индицируя полярность приложенного напряжения.

Если же полярность напряжения на входе обратная (минус — на щупе X2, а плюс — на щупе X1), светится светодиод HL2, индицируя полярность приложенного напряжения, и открывается транзистор VT3. Его коллекторным током открывается транзистор VT4, который своим участком коллектор—эмиттер шунтирует эмиттерный переход транзистора VT5, запрещая прохождение сигнала на открывание тринистора VS1.

Для того чтобы транзисторы VT2 и VT4 открывались при примерно одинаковом напряжении на щупах независимо от его полярности, в цепь базы первого из них включён стабилитрон VD2, падение напряжения на котором примерно равно напряжению батареи GB1. При подаче на щупы X1 и X2 переменного напряжения светятся оба светодиода, транзисторы VT2 и VT4 попеременно открываются, поддерживая транзистор VT5 в закрытом состоянии.

Так как потребляемый пробником ток в дежурном режиме всего около 2 мкА, выключатель питания не предусмотрен.

Пробник не содержит дефицитных деталей. Резисторы — любые соответствующей мощности рассеяния, конденсатор C1 — оксидный импортный, C2 — керамический КМ или подобный, транзисторы — КТ315, КТ312, КТ3102 и КТ3107, КТ361 с любым буквенным индексом (с учётом структуры и цоколёвки). Повышенные требования лишь к транзистору VT1: его статический коэффициент передачи тока базы $h_{21э}$ должен быть не менее 90 (желательно больше). Тринистор VS1 — КУ202Н или другой, с более высоким значением допустимого напряжения.

Все детали смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (**рис. 4**). Тринистор VS1 и составляющие батарею GB1 элементы типоразмера AA закреплены на ней скобами из одножильного монтажного провода диаметром 0,6...0,8 мм, впаянными в соответствующие площадки фольги.

Корпус пробника изготовлен из отрезка пластмассового кабельного канала сечением 40×25 мм. Щуп X1 выполнен в виде заострённого с одной стороны отрезка жёсткого провода длиной 50...100 мм, X2 — в виде гибкого провода с зажимом "крокодил" на конце. Расположение деталей в корпусе пробника показано на **рис. 5**, а его внешний вид — на **рис. 6**.

Рис. 5



Рис. 6

Правильно собранный из исправных деталей пробник не требует налаживания. При замыкании щупов X1 и X2 должна светиться лампа накаливания HL4, при необходимости лишь требуется подобрать резистор R11 для надёжного открывания тринистора VS1.

Затем проверяют работу пробника на пониженном напряжении 24 В постоянного или переменного тока. При постоянном токе должен светиться светодиод HL2 или HL3 (в зависимости от полярности приложенного напряжения), при переменном — оба светодиода одновременно. Если пробник работает нормально, то можно перейти к проверке на сетевом напряжении 230 В. При этом должны светиться оба светодиода одновременно, а также неоновая лампа HL1. Тринистор должен быть закрыт, лампа HL4 погашена. На этом проверку можно считать законченной — пробник готов к работе.

***От редакции.** С батареей напряжением 3 В лампа HL4 (6,3 В, 0,2 А) будет светить слабо. Для увеличения яркости следует применить лампу на меньшее напряжение и такой же ток.*

Конденсатор C6, ёмкость которого во много раз больше ёмкости антенны, не принимаем во внимание. Его задача — отсечь постоянное напряжение питания генератора от антенны, что непонятно почему не было сделано Р. Мугом. Но в некоторых случаях этот конденсатор может быть использован для некоторого дополнительного выравнивания мензуры.

Согласно строгой теории [2], частоты "горбов" АЧХ при равенстве резонансных частот контуров $f_1 = f_2 = f$ и коэффициенте связи между ними

$$k = \sqrt{\frac{L_3}{L_3 + L_1}}$$

равны

$$F_1 = \frac{f}{\sqrt{1+k}}; \; F_2 = \frac{f}{\sqrt{1-k}}.$$

При k<<1 расчёт расстояния горбов от центральной частоты упрощается:

$$\Delta F_1 \approx \Delta F_2 \approx f{\cdot}k/2.$$

С появлением программ моделирования, одна из которых — LTspice — полностью бесплатна, появилась хорошая возможность "погонять" модель разрабатываемого устройства при разных параметрах её элементов и посмотреть, как они влияют на итоговые характеристики.

Схема модели связанных контуров перестраиваемого генератора показана на **рис. 6**. Здесь GI1 — источник испытательного тока (имитирует коллекторную цепь транзистора VT1); R1, C1, L1 — соответственно эквивалентное резонансное сопротивление, ёмкость и индуктивность контура генератора; C2, R2, R3 — паразитные параметры индуктивных и ёмкостных элементов; C3 — ёмкость антенны; C4 — наведённая рукой ёмкость, которая в процессе моделирования принимала значения 0; 0,01; 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,4; 0;8; 1,6; 5; 20 и 100 пФ.

Полученные в результате моделирования АЧХ исследуемой цепи изображены на **рис. 7**. Красная кривая соответствует случаю, когда рука и тело исполнителя находятся далеко от антенны (C4=0), а резонансные частоты контуров L1C1 и L2C2C3 совпадают. На этой частоте АЧХ имеет глубокий провал. Одинаковость высоты пиков и нулевой фазовый сдвиг на этих частотах (на рисунке не показан) создают неоднозначные условия для генерации — возможны перескоки частоты с одного пика на другой.

По мере приближения руки к антенне (увеличения C4) частота обоих пиков понижается, но до определённого предела. Этот крайний случай иллюстрируют практически совпадающие белая и серая кривые, полученные соответственно при C4=20 пФ и C4=100 пФ. Так что ни при каких обстоятельствах, даже при касании антенны рукой, частота генератора не опустится ниже определённого значения. В результате шаг нот вблизи антенны выравняется и даже

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2016, № 11

Терменвокс "Etherway"

И. МАМОНТОВ, г. Электросталь Московской обл.

возникнет "перегиб" в сторону понижения чувствительности. По этой причине катушки индуктивности L2 (см. рис. 6) и L1 (см. рис. 3) получили название линеаризующих или выравнивающих.

Нужно отметить, что описанное явление присуще всем терменвоксам, где явно или неявно присутствуют два колебательных контура — [3], [4], и даже ранним моделям Л. Д. Королёва [5]. Отличительные признаки этого — большая ёмкость контурного конденсатора (тысяча и более пикофарад) и большая индуктивность добавочных катушек. Судя по скудным описаниям (особенно в части налаживания), авторы не знали принципов работы таких цепей и действовали наугад, что приводило к плохой повторяемости и породило неприязнь к подобного рода схемам.

Генератор канала громкости собран на транзисторах VT5 и VT7, аналогичен генераторам канала высоты тона, за исключением цепи положительной обратной связи, состоящей из ёмкостного делителя напряжения из конденсаторов C22 и C23, одновременно образующих и ёмкость колебательного контура. Делитель ослабляет влияние антенной цепи на частоту генератора. Эта частота выбрана такой, что в исходном состоянии (рука далеко от антенны) переменное напряжение на катушке L2 максимально (резонанс антенного контура). Напряжение, снимаемое с части катушки, в сумме с гораздо меньшим возбуждающим напряжением выпрямляет диод VD2, затем усиливает ступень на DA1.1. Далее оно воздействует на коэффициент передачи управляемого усилителя, выполненного на второй половине этой микросхемы — DA1.2.

Применённая микросхема LM13700 (DA1) — сдвоенный преобразователь напряжения в ток. Коэффициенты преобразования задают независимо друг от друга токи, втекающие в управляющие входы (выводы 1 и 16). Току 1 мА соответствует крутизна преобразования около 10 мА/В, с его уменьшением она падает. Из особенностей микросхемы следует отметить двухполярное питание, дифференциальные входы, наличие линеаризующих диодов на входах. В её составе имеется дополнительная пара эмиттерных повторителей для построения выходных буферов и согласования с нагрузкой.

По мере приближения руки происходит расстройка контура, состоящего из антенны WA2 и катушки L2. Выпрямленное диодом VD2 отрицательное напряжение уменьшается по абсолютной величине, вызывая снижение напряжения на выходе усилителя DA1.1 от +12 В до −12 В, что полностью закрывает управляемый усилитель DA1.2. Цепь отрицательной обратной связи VD3R8 определяет ход зависимости в ближней (рабочей) зоне антенны.

Встроенные в микросхему линеаризующие диоды использованы в управляемом усилителе для изменения формы сигнала. Для этого на вход 2 микросхемы подан с переменного резистора R16 небольшой ток смещения. Резисторы R15 и R24 задают такое положение рабочей точки усилителя, при котором происходят несимметричное искажение сигнала и его обогащение приятными на слух чётными гармониками.

Эмиттерный повторитель DA1.3 умощняет выход регулируемого усилителя, а делитель напряжения R42R43 приводит амплитуду звукового сигнала к стандартному для линейного выхода уровню. Переключателем SA1 звук можно выключить, если музыканту нужно отойти от инструмента. В [1] для этого была придумана хитрость — на антенну громкости просто набрасывали звуковой кабель.

Стабилизатор питания оставлен без изменений за исключением того, что к диодам VD1 и VD4 входные напряжения подведены индивидуально. Это обеспечивает возможность работы от двухполярного источника +/−(15...20) В, в том числе от аккумуляторных батарей. При питании от дешёвого сетевого адаптера, представляющего собой трансформатор со вторичным напряжением ~13...15 В (как это было задумано в [1]), контакты 1 и 4 ответной части разъёма XS1 необходимо соединить вместе.

На разъём XS1 выведен и звуковой сигнал, что позволяет соединять тер-

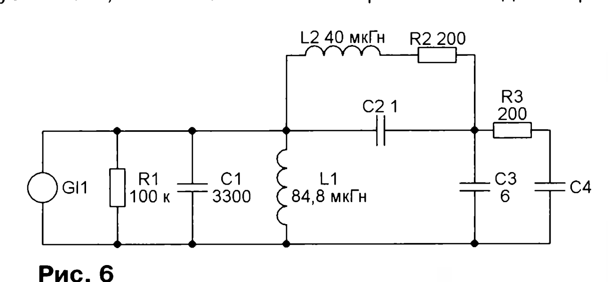


Рис. 6

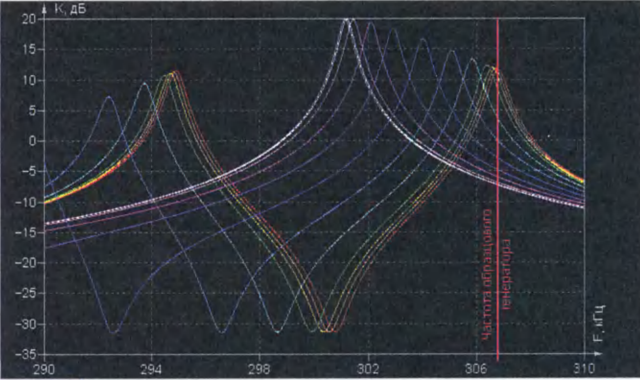
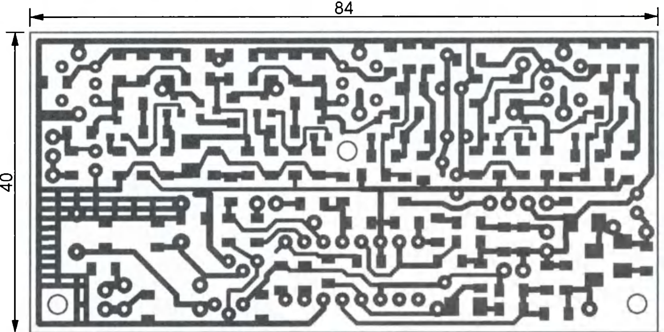


Рис. 7



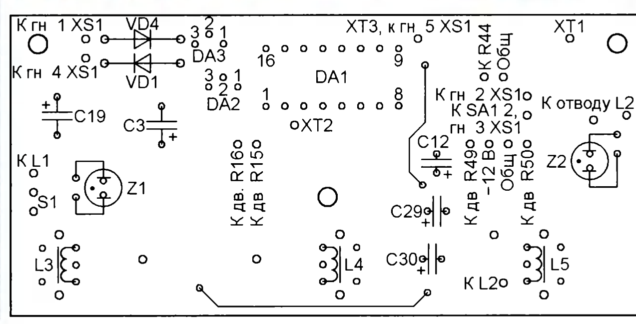


Рис. 8

менвокс с УМЗЧ и источником питания единым кабелем. Обратите внимание, что назначение контактов разъёма отличается от использованного в [1].

Ещё в стабилизатор добавлены дополнительные конденсаторы С2 и С15, снижающие мультипликативные помехи, возникающие в результате изменения проводимости диодов VD1 и VD4 с частотой 50 Гц в случае питания терменвокса переменным напряжением. Выключатель питания исключён за ненадобностью — необходимая стабильность инструмента может быть обеспечена только при условии, что он постоянно включён.

Для защиты от разрядов статического электричества введены разрядники Z1 и Z2, представляющие собой неоновые лампы с напряжением зажигания 50...90 В. Из опыта эксплуатации выяснилось, что самый чувствительный элемент, который чаще других выходит из строя, — диод VD2. Более эффективно работают разрядники, подключаемые непосредственно к антеннам (учтите, что при работе там действует высокое переменное напряжение), но они вносят дополнительную ёмкость. Но ещё более эффективную защиту дают обычные трубки из изоляционных материалов, надетые на антенны.

Почти все компоненты терменвокса расположены на односторонней печатной плате размерами 84×40 мм из фольгированного стеклотекстолита. Её

ности подошла только одна катушка, остальные были разобраны и перемотаны вручную (около 50 витков эмалированного провода диаметром около 0,1 мм). Для контроля интервала регулирования (50...100 мкГн) подойдёт любой измеритель индуктивности.

Имейте в виду, что в корпусе катушки может располагаться контурный конденсатор, который следует аккуратно удалить. Также обратите внимание, что более крупные катушки и иное расположение выводов потребуют корректировки печатной платы.

Катушки L1 и L2 — самодельные, без магнитопроводов. Их параметры приведены в **таблице**. При наличии даже

Параметр	Катушка	
	L1	L2
Диаметр каркаса (внутр. диаметр обмотки), мм	11,5	
Диаметр провода, мм	0,1	
Длина обмотки, мм	44	29
Число витков	3204	1340+ +340
Число секций	12	8
Толщина обмотки, мм	≈1,5	
Индуктивность, мГн	26,3	10,7
Сопротивление постоянному току, Ом	340	180
Частота собственного резонанса, кГц	740	980
Эквивалентная параллельная ёмкость, пФ	1,8	2,5

Лучший вариант — использование секционированного каркаса, который можно подобрать готовый или склеить (выточить) самостоятельно. Секционирование позволяет гарантированно распределить обмотку равномерно по длине и повысить этим собственную резонансную частоту катушки. Она должна превышать рабочую частоту генератора, лучше — в несколько раз, чтобы не принимать её во внимание при расчётах. В рассматриваемом случае этот предел очень близок, поэтому потребовалось немного уменьшить индуктивность (что, впрочем, полезно, так как приходится наматывать меньше витков). Низкая собственная резонансная частота катушки приводит к снижению чувствительности инструмента, а очень низкая — вообще к невозможности правильной работы устройства.

Число секций катушки и толщина перегородок между ними (уменьшать последнюю крайне желательно) не критичны. На индуктивность при заданном числе витков влияет в основном длина обмотки (расстояние между её крайними витками). Для антенн меньшего размера (и с меньшей ёмкостью) при сохранении тех же рабочих частот индуктивности катушек потребуется увеличить.

Типы остальных компонентов не критичны. Подойдут практически любые современные транзисторы общего применения соответствующей структуры,

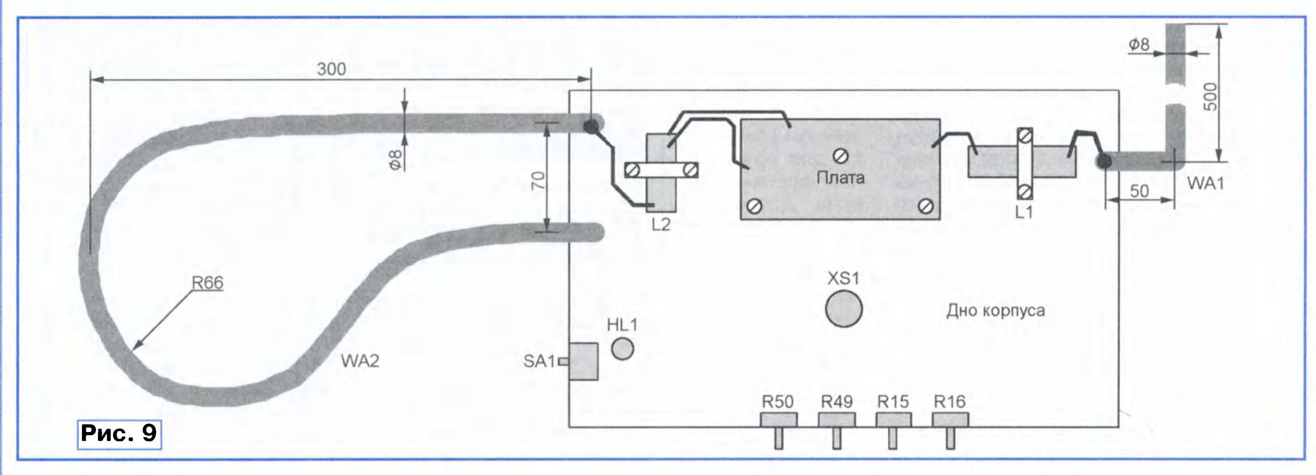


Рис. 9

чертёж показан на **рис. 8**. Плата рассчитана на установку постоянных резисторов и конденсаторов для поверхностного монтажа. Микросхему DA1 целесообразно установить в панель. Корпусы оксидных конденсаторов С12, С29 и С30, расположенные в ряд, служат экраном между генераторами.

Все соединения антенных катушек и органов управления с платой выполнены одиночными, двойными и четверными парами штырь-гнездо. Для многопроводных соединений использованы плоские кабели.

Катушки L3—L5 — современные миниатюрные с ферритовым магнитопроводом в форме гантели с навёрнутой снаружи регулировочной чашкой. Такие катушки можно снять с платы ненужного АМ-приёмника. В моём случае по интервалу изменения индуктив-

самого простого намоточного станка изготовить эти катушки не так уж трудно. Намотка самой большой из них у меня заняла 36 минут (засекал специально). Лакированный провод диаметром около 0,1 мм можно найти, разобрав какой-нибудь маломощный сетевой трансформатор или реле.

В самом простом случае нужно взять жёсткую трубку или стержень из изоляционного материала с наружным диаметром 11...12 мм и на заданной длине намотать требуемое число витков. Область намотки должна плавно перемещаться от одного конца катушки к другому (допускается делать небольшие возвратно-поступательные движения для лучшего закрепления витков). Но ни в коем случае не следует наматывать провод слоями или "внавал" сразу по всей длине катушки.

желательно с малой ёмкостью коллектор—база и рабочим напряжением не ниже 30 В. Интегральные стабилизаторы DA2 и DA3 — любые маломощные на напряжение 12 В соответствующей полярности, желательно с малым допустимым падением напряжения. На назначение их выводов обратите особое внимание, так как возможны варианты. Контурные конденсаторы С5, С17, С22, С23 — с минимальными температурными коэффициентами ёмкости, а диод VD2 — маломощный быстродействующий для поверхностного монтажа с большим запасом по обратному напряжению. Для переменных резисторов желательна линейная зависимость сопротивления от угла поворота.

Эскиз конструкции терменвокса (вид сверху со снятой крышкой), а также размеры антенн показаны на **рис. 9**.

Корпус инструмента должен быть выполнен из диэлектрика. Допускается использовать дерево (фанеру) и небольшие металлические детали (например, панели с органами управления), удалённые от обеих антенн. Антенны могут быть изготовлены из любого провода или металлических трубок, но из-за привязанности настройки к геометрии они при сборке (если антенны съёмные) должны воспроизводить свои первоначальные размеры и положения. В связи с этим антенну высоты тона не следует делать телескопической.

Катушки L1 и L2 желательно установить в непосредственной близости от антенн, чтобы уменьшить долю ёмкости соединяющих проводников в общей ёмкости антенны. В [1] было сделано наоборот — ёмкость проводника искусственно увеличена подкладыванием под него соединённого с общим проводом куска фольги. Этим была снижена чувствительность, а путём перемещения проводника относительно фольги можно было производить дополнительную настройку.

Оси катушек L1 и L2 должны быть перпендикулярны и пересекаться в центре катушки L2. Это нужно для минимизации магнитной связи между катушками. Провода и прочие металлические части располагайте подальше от антенн и катушек, чтобы уменьшить их влияние на настройку и для большего охвата музыканта электрическим полем. Гибкие провода лучше зафиксировать каплями клея, который не даст им менять своё положение в процессе эксплуатации, из-за чего может "поплыть" настройка.

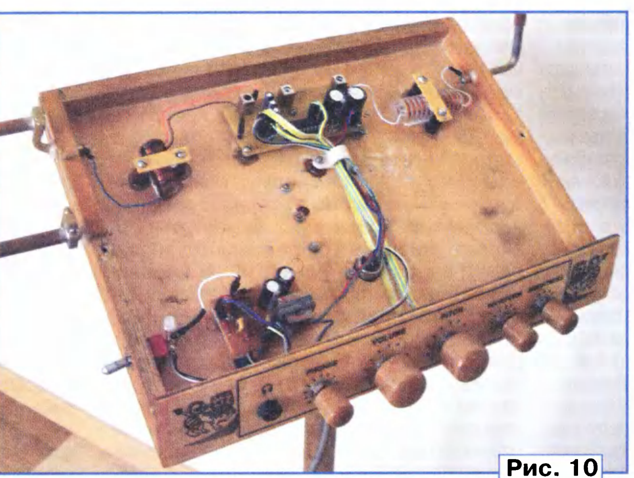
На нижней стенке (дне) корпуса расположены разъём XS1 и узел крепления поддерживающей инструмент стойки (треноги). В крышке корпуса напротив катушек L3—L5 просверлите три отверстия под отвёртку для финальной настройки терменвокса с уже установленной верхней крышкой. Способы крепления элементов целиком зависят от имеющихся возможностей. Плату и катушки (последние прижаты планками из нефольгированного стеклотекстолита) я закрепил металлическими винтами М3, ввёрнутыми в текстолитовые стойки, предварительно вклеенные в корпус.

Фотоснимок инструмента со снятой верхней крышкой приведён на **рис. 10**. Угол наклона его плоскости относительно горизонта — около 30°. Антенна управления громкостью сделана раскладной (установлена на шарнирах), а антенна высоты тона — съёмной. Это удобно для транспортировки. Металлические части антенн, проходящие сквозь деревянные стенки корпуса, закреплены эпоксидным клеем, служащим также дополнительным изолятором. Толщина клеевого шва — около 1 мм.

Внутри инструмента я дополнительно установил плату усилителя для головных телефонов. Здесь он не рассматривается и может быть выполнен по любой схеме. На переднюю стенку выведены его регулятор громкости и соответствующее гнездо. Пользу этого оценят, в первую очередь, окружающие и соседи.

Налаживание терменвокса состоит из двух стадий — проверки работоспособности узлов (включая контроль пределов регулирования частоты генераторов) и точной настройки. Потребуется осциллограф по возможности со щупом, имеющим малую входную ёмкость (например, с делителем напряжения 1:10, который можно сделать самостоятельно).

Проверку работоспособности проводят без антенн и антенных катушек. Первое включение производите без микросхемы DA1. Сначала подайте на плату питание +/–(15...20) В. На выходах интегральных стабилизаторов DA2 и DA3 должно появиться напряжение соответственно –12 В и +12 В. Поочерёдно подключая щуп осциллографа к катушкам L3—L5 ("холодный" входной провод осциллографа подключают к общему проводу), проверьте наличие на них синусоидального напряжения размахом не менее 24 В и "средней линией" чуть ниже +12 В.


Рис. 10

Убедитесь, что с помощью подстроечников катушек удаётся менять частоты генераторов от 280 до 380 кГц (образцового и перестраиваемого) и от 430 до 580 кГц (генератора канала управления громкостью). Также убедитесь, что переменными резисторами R49 и R50 можно перестраивать соответствующие генераторы более чем на 2 кГц (на экране осциллографа, не имеющего функции измерения частоты, это едва заметно).

Установив близкими частоты образцового и перестраиваемого генераторов, проверьте, что форма звукового сигнала в контрольной точке ХТ2 близка к показанной на рис. 5. Попытки получить нулевые биения будут затруднены из-за высокой чувствительности генераторов к малейшим движениям подстроечников. После этого, установив произвольно частоту биений в интервале от 100 Гц до 5 кГц, переходите к проверке канала управления громкостью (работоспособности микросхемы DA1).

Подавая на контрольную точку ХТ1 отрицательное напряжение от 0 до –12 В (например, с движка переменного резистора R49, который временно используйте для этой цели), наблюдайте за ростом напряжения в контрольной точке ХТ3 или на контакте 5 разъёма XS1 от –11,5 В до 0 В и выше. Рост должен начинаться не сразу, а только после того, как испытательное напряжение достигнет –4 В (или около того). Если напряжение начинает расти слишком поздно и не доходит до положительных значений, можно попробовать увеличить номинал резистора R3 с 1 до 1,5...2 МОм. Так проверяют работоспособность усилителя DA1.1.

Усилитель DA1.2 должен обеспечивать прохождение звукового сигнала с вывода 2 на вывод 5 или его ослабление в зависимости от того, какой ток втекает в вывод 1. Если напряжение на контрольной точке ХТ3 близко к –11,5 В, то управляющий ток нулевой, усилитель должен быть полностью закрыт. По мере роста напряжения до нуля и выше усилитель открывается. На его выходе должен появиться звуковой сигнал. Движки переменных резисторов R15 и R16 для этой проверки должны быть установлены в правые по схеме положения.

Для быстрой проверки работоспособности, а также для принудительного открывания управляемого усилителя, что удобно для последующей настройки, можно соединить контрольную точку ХТ3 с общим проводом ("токовый" выход усилителя позволяет это делать безболезненно).

И наконец, проверьте действие регулировок формы сигнала. При исходных (правых по схеме) положениях движков переменных резисторов R15 и R16 сигнал со смесителя должен поступать на выход инструмента почти в неизменном виде. Перевод движка переменного резистора R15 в левое по схеме положение должен приводить к округлению верхней части сигнала ("приплюснутости" вершин), а такой же перевод движка R16 — к приближению формы сигнала к прямоугольной. Если движок переменного резистора R16 установлен в левое по схеме положение, то скважность этого псевдопрямоугольного сигнала можно регулировать переменным резистором R15 от 2 до довольно большого значения.

К точной настройке отнеситесь внимательно, она определяет все игровые качества инструмента. Её цель — подогнать частоты генераторов под получившиеся характеристики антенн и антенных катушек. Вот здесь-то и понадобится широкий интервал перестройки генераторов.

Оперировать придётся подстроечниками катушек L3—L5. При вращении их по часовой стрелке на катушки надвигаются ферритовые чашки, их индуктивность растёт, а частота генераторов понижается. Использовать отвёртку с немагнитным жалом особого смысла нет, на частоту генераторов всё равно оказывают влияние руки. Очерёдность настройки каналов управления громкостью и высотой тона значения не имеет.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-89-00

Подключите антенные цепи, полностью соберите инструмент и закройте верхнюю крышку. Установите его в рабочее положение на микрофонную стойку или треногу. Освободите от посторонних предметов пространство в радиусе около метра от антенн. Движки переменных резисторов R49 и R50 поставьте в среднее положение.

Цель настройки генератора канала управления громкостью — установка его частоты равной частоте резонанса антенной цепи. Грубую настройку можно произвести по максимальному размаху сигнала на экране осциллографа, щуп которого закреплён недалеко от антенны WA2. Максимума добиваются вращением подстроечника катушки L5. Если обнаружить резонанс не удаётся, это означает, что он лежит за пределами области перестройки частоты генератора. Это исправляют изменением геометрических размеров антенны либо изменением индуктивности катушки L2 — введением внутрь её небольшого ферритового магнитопровода (частота резонанса понижается) или уменьшением числа витков (частота резонанса растёт).

Далее следите за резонансом, контролируя напряжение на гнезде 5 разъёма XS1. По мере приближения к резонансу оно будет расти от −11,5 В до нуля и выше. Если к терменвоксу подключён УМЗЧ, то одновременно в его громкоговорителе будет слышен звуковой тон увеличивающейся громкости. Если теперь поднести к антенне WA2 руку, громкость должна уменьшиться, а напряжение в контрольной точке вернуться к −11,5 В.

Сделав несколько пробных попыток, рекомендуется немного не дойти до резонанса со стороны высоких частот и остановиться, когда контрольное напряжение пересечёт нулевую отметку. В этом случае приближение руки к антенне на расстояние 5...7 см должно вызывать полное заглушение инструмента, а зона регулирования будет иметь комфортную протяжённость.

В канале высоты тона первым настраивают перестраиваемый генератор. Цель та же — обнаружить резонанс антенной цепи. Именно при такой настройке обеспечивается получение максимальной чувствительности инструмента и линейности его мензуры. Частоту генератора следует затем установить немного выше для большей стабильности (вспомните про двухгорбость АЧХ и перескоки частоты).

Трудностей здесь две: дистанционно контролировать резонанс и определить, на "правильном" ли пике АЧХ работает генератор. Один из предлагавшихся способов заключён во временном ослаблении связи антенной цепи с генератором посредством резистора сопротивлением 100...200 кОм (при ослаблении связи горбы совмещаются). Для этого в устройстве предусмотрены резистор R2 и перемычка S1, которую снимают при настройке. Освободившийся от перемычки верхний по схеме штырь используют для контроля напряжения. Поиск резонанса ведут по минимуму (!) напряжения на входе антенной цепи.

Начало настройки со стороны высоких частот (подстроечник катушки L3 вывернут) гарантирует начальную генерацию на "правильном" пике. Найдя резонанс, следует отойти от него в сторону повышения частоты (немного вывернуть подстроечник), что должно обеспечить отсутствие скачков частоты генератора во всём диапазоне инструмента.

Недостаток описанного способа состоит во влиянии ёмкости кабеля и измерителя напряжения на настройку, а также в неопределённости выбора значения "отхода" от резонансной частоты.

К точке разделения можно и не подключаться, а поднести щуп осциллографа к антенне WA1 на расстояние, при котором на фоне шума и помех хорошо виден сигнал настраиваемого генератора. При этом антенну WA2 следует временно снять или соединить с общим проводом, чтобы она не создавала дополнительных наводок. Поиск резонанса в этом случае ведут по максимуму напряжения. Перемычку S1 после настройки не забудьте вернуть на своё место.

И наконец, третий вариант настройки (без манипуляций в антенных цепях) аналогичен варианту с поднесением щупа, но сначала следует выполнить грубую настройку по росту напряжения, а затем точную — по скачку частоты. На экране осциллографа скачок проявляется как небольшое, но резкое изменение амплитуды сигнала в процессе плавного прохождения через область резонанса. Скачок можно контролировать на слух, если подстраивать образцовый генератор так, чтобы частота биений всегда оставалась в звуковом диапазоне. Канал управления громкостью принудительно включите перемычкой между гнёздами 2 и 5 разъёма XS1.

Если максимум напряжения найти не удаётся, это означает (как и в случае с каналом управления громкостью), что резонансная частота антенной цепи лежит за пределами интервала перестройки генератора. В области максимума напряжения должны фиксироваться два скачка частоты. Один — при перестройке генератора в сторону понижения его частоты, когда подстроечник ввинчивают. Он соответствует переходу частоты генерации на "неправильный" пик АЧХ. Другой скачок происходит при понижении частоты и возврате обратно на "правильный" пик. Здесь и нужно остановиться, пройдя даже немного далее для создания запаса устойчивости. Но это не означает, что достигнута идеальная настройка. На практике можно вывернуть подстроечник слишком сильно, в результате чего диапазон инструмента сузится, а музыкальная шкала получится более растянутой. Всё это определяется предпочтениями музыканта.

Последним настраивают образцовый генератор. При среднем положении движка переменного резистора R49 нужно добиться биений, близких к нулевым. Из-за остроты настройки сделать это довольно трудно, поэтому остановитесь на десятках герц, остальное "вытянет" переменный резистор.

Поупражнявшись в настройке, можно быстро обнаружить, что она нарушается, если убрать руки из зоны регулирования. Переменными резисторами R49 и R50 можно исправить ситуацию, но потребуется, скорее всего, сделать несколько попыток.

В последующем при изменении температуры, окружающей обстановки, начального положения музыканта регулировка должна осуществляться только переменными резисторами R50 (установка максимальной громкости при отведённой руке) и R49 (установка нулевых биений при отведённой руке).

Итак, создание идеального терменвокса — задача не такая тривиальная, как кажется на первый взгляд. В частности, при изучении вопроса о собственной ёмкости катушек индуктивности можно вскрыть целый пласт заблуждений. Также до сих пор не проработан вопрос о модели взаимодействия рук и тела музыканта с антенной, а вывод функциональных зависимостей находится на уровне фразы "представим, что человек — это проводящая сфера...".

Для себя я сделал такие выводы:

1. Ферритовые магнитопроводы не следует применять, когда счёт идёт на единицы герц. Они вносят самую существенную составляющую в температурный дрейф частоты LC-контура.

2. Магнитная проницаемость ферритовых магнитопроводов зависит от внешних магнитных полей. Например, поднесённый магнит сбивает настройку, а близкорасположенный сетевой трансформатор модулирует индуктивность с частотой сети.

3. Для катушек не следует применять стальные экраны, поскольку они хранят историю намагничиваний, а возврат к первоначальной магнитной обстановке не гарантирует сохранения настройки. Например, магнит поднесли и убрали, а настройка изменилась навсегда.

4. Терменвокс по схеме Р. Муга [1] — пожалуй, лучшее, что придумано на сегодняшний день, хотя он и сложен в настройке. Вследствие п. 1—3 он нуждается в катушках без магнитопроводов, если только не будут придуманы сверхстабильные ферриты.

5. Терменвокс, на мой взгляд, достойно дополняет ряд классических музыкальных инструментов, поскольку на нём, как это ни странно, всё-таки нужно уметь играть, а также периодически настраивать и даже "лечить" от таких виолончельных болезней, как "волчий тон" (имеющий аналогичную природу).

ЛИТЕРАТУРА

2. **Асеев П. Б.** Колебательные цепи. — М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1955.

3. **Симонов И., Шиванов А.** Терменвокс. — Радио, 1964, № 10, с. 36, 37.

4. **Бондаренко Е.** Терменвокс на транзисторах. — Радио, 1965, № 10, с. 33.

5. **Королёв Л.** И снова терменвокс. — Радио, 1972, № 9, с. 17—19.

Светодиодный светильник с таймером и "зажигалкой"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Большинством современных электрических источников света управляют с помощью выключателя. Раньше свечу или лампу нужно было зажечь с помощью источника открытого огня, а потом загасить вручную. По аналогии работает и предлагаемая вниманию читателей конструкция. Пара вспышек светодиода "зажигалки" — и светодиоды светильника загораются. Если светильник надо выключить, прикрывают их пальцами — и они гаснут. Внешний вид комплекта показан на **рис. 1**.

Схема светильника показана на **рис. 2**. После подачи питающего напряжения с помощью выключателя SA1 через резистор R1 и светодиоды EL1, EL2 протекает ток в доли миллиампера. Кристаллы светодиодов слабо светят в темноте, указывая местоположение ночника. Сопротивление фототранзистора VT1 велико, а резистор R5 шунтирует переход база—эмиттер транзистора VT2, который закрыт, и ток через обмотку реле не протекает. Светильник находится в дежурном режиме.

При вспышке светодиода "зажигалки" (**рис. 3**) в нескольких сантиметрах от линзы фототранзистора VT1 сопротивление последнего кратковременно резко уменьшается, транзистор VT2 открывается, реле K1 срабатывает и его контакты переключаются. Светодиоды EL1, EL2 ярко вспыхивают, освещая помещение и фототранзистор VT1, поэтому транзистор VT2 останется открытым. Конденсатор C2 быстро зарядится, и ток обмотки уменьшится до необходимого для удержания якоря реле. Значение этого тока устанавливают подборкой резистора R6.



Рис. 1

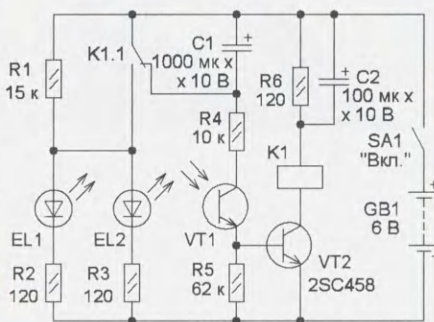


Рис. 2

По мере зарядки конденсатора C1 базовый ток транзистора VT2 будет уменьшаться. Вместе с ним будет уменьшаться ток коллектора, и наступит момент, когда контакты реле вернутся в исходное состояние и светодиоды практически погаснут (протекает только дежурный ток). Таким образом, ёмкость конденсатора C1 задаёт продолжительность свечения светильника после его включения. После возвращения светильника в исходное состояние конденсаторы C1, C2 быстро разряжаются, и цикл повторится после новой вспышки светодиода "зажигалки".

Выключить светильник можно раньше, чем зарядится конденсатор C1, прервав оптическую связь между светодиодами и фототранзистором, перекрыв её пальцами или рукой (**рис. 4**). В этом случае сопротивление фототранзистора увеличится, транзистор VT2 закроется и реле обесточится.

Схема "зажигалки" показана на **рис. 5**. На транзисторе VT1 и трансформаторе T1 собран блокинг-генератор. В качестве источника питания


Рис. 3

используется миниатюрный электродвигатель, работающий в режиме генератора. При кратковременном вращении его ротора блокинг-генератор начинает работать и его напряжение, складываясь с напряжением, возникающем на обмотках трансформатора, поступает на светодиод EL1, который ярко вспыхивает.

В "зажигалке" применён светодиод повышенной яркости синего цвета свечения в корпусе "Пиранья". Трансформатор T1 — самодельный и намотан вдвое сложенным проводом ПЭЛ 0,2 (20 витков) на кольцевом магнитопроводе из феррита проницаемостью 1000...2000 с внешним диаметром 7, внутренним 5,5 и толщиной 2 мм. Электродвигатель — диаметром 12 мм от привода автомобильного проигрывателя CD. Резистор — МЛТ, С2-13, его подбирают, добиваясь наиболее яркой вспышки светодиода при минимуме усилий вращения ротора двигателя.

Корпус "зажигалки" изготовлен из корпуса пластмассового медицинского шприца ёмкостью 5 мл (**рис. 6**). С помощью лобзика следует отрезать часть цилиндра корпуса 6, и получится своеобразный язычок, в котором просверливают четыре отверстия для выводов светодиода 1. После припаивания пары тонких гибких проводов выводы светодиода заливают прозрачным клеем, например "Момент". На валу двигателя 3 имеется пластмассовый "червяк". Сверху на него надет отрезок резиновой трубки 2 диаметром 6 мм от механизма проигрывателя CD. Чтобы при вращении вала двигатель не смещался в корпусе "зажигалки", к его выводам припаяны две стойки 4 (одну не видно), изготовленные из стальной канцелярской скрепки. С другой стороны к стойкам припаяна полоска 5 фольгированного стеклотекстолита или гетинакса. Фольга разделена на две контактные площадки. Транзистор, резистор и трансформатор монтируются навесным способом с использованием стоек.

"Зажигалку" собирают в следующей последовательности. Припаивают стойки к выводам двигателя,


Рис. 4

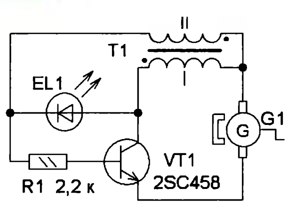


Рис. 5

затем к ним припаивают полоску стеклотекстолита, монтируют транзистор, резистор и трансформатор. Выводят два тонких гибких провода в изоляции для питания светодиода и вставляют двигатель внутрь цилиндра (диаметры двигателя и цилиндра совпадают). Провода припаивают к выводам светодиода. Важный момент! На этапе макетирования нужно

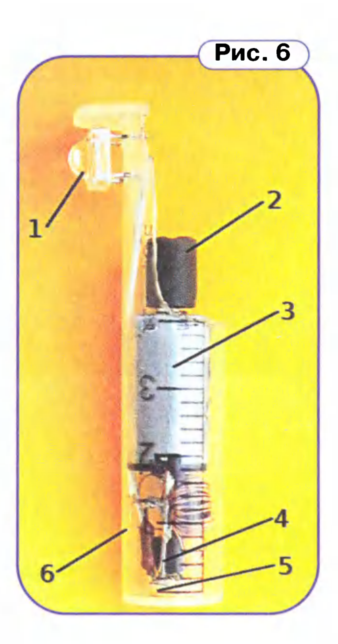


Рис. 6

определить полярность индуцируемого напряжения при вращении вала мотора в ту или иную сторону, иначе может понадобиться менять выводы двигателя местами уже после монтажа.

Конструкцию светильника поясняет рис. 1. Его основанием служит пластмассовая крышка 5. Сверху к ней приклеен футляр 4 от детского игрушечного светильника. Предварительно из него выпилен батарейный отсек. Внутри размещены все элементы, кроме элементов питания и фототранзистора. На поверхность верхней крышки футляра выведены светодиоды 3. Четыре элемента питания типоразмера AAA размещены в пластмассовом отсеке внутри крышки-основания 5. Фототранзистор установлен внутри чёрного колпака 2, отрезанного, например, от футляра фотоплёнки. Колпак и основание соединены стальной проволокой диаметром 3 мм, согнутой в виде буквы Г. На двух торцах стержня нарезана резьба для крепления к крышке и колпаку с помощью гаек. На выводы и провода от фототранзистора и проволоку надета резиновая трубка 1. Предварительно провода навиты на проволоку. Расстояние между светодиодами и фототранзистором — 80...90 мм. Для защиты от внешней подсветки на фототранзистор надет отрезок чёрной резиновой трубки длиной 1...1,5 см подходящего диаметра.

Светодиоды можно использовать любые в прозрачных корпусах с диаметром линзы 3...10 мм. Цвет их свечения может быть любым. Фототранзистор извлечён из старого компьютера "РОБОТРОН". Реле рассчитано на рабочее напряжение 5 В и имеет обмотку сопротивлением около 130 Ом.

Сувенир "Новогодняя ёлка-2"

П. ЮДИН, г. Уфа

В журнале "Радио" была опубликована статья автора (**Юдин П.** "Сувенир "Новогодняя ёлка". — Радио, 2011, № 10, с. 51—53), в которой было приведено описание новогоднего сувенира в виде ёлочки на основе бескорпусной микросхемы, смонтированной на печатной плате с маркировкой SY38, которая применялась в трёхцветной шариковой авторучке. В предлагаемой вниманию читателей статье приводится описание доработки этого сувенира, что позволило повысить надёжность работы и снизить требования к частотозадающим элементам. Несмотря на увеличение числа микросхем, все элементы удалось разместить на плате таких же размеров.

Схема доработанного устройства показана на **рис. 1**. Алгоритм работы и возможности бескорпусной микросхемы DD2, установленной на печатной плате с маркировкой SY38, были подробно изложены в упомянутой выше статье. Для автоматического управления сменой световых эффектов на микросхемах DA1, DD1 и транзисторе VT1 собран электронный переключатель, который имитирует работу кнопки, через определённые промежутки времени соединяя вход 1 микросхемы DD2 с общим проводом.

На микросхеме DA1 собран генератор импульсов с периодом следования около 4,5 с. Это значение задают элементы C1, R1 и R2. Счётчик DD1 подсчитывает импульсы генератора. Транзистор VT1 работает как ключ, соединяющий управляющий вход микросхемы DD2 с общим проводом. Диод VD4 исключает попадание на этот вход напряжения 9 В. Питается микросхема DD2 от параметрического стабилизатора напряжения R6VD5. Питание на светодиоды подают транзисторы VT2—VT4, которыми управляют сигналы с выходов 1, 2 и 3 микросхемы DD2. Эти выходы имеют два состояния. Одно из них — высокоимпедансное, в этом случае соответствующий транзистор закрыт. Другое — низкоимпедансное, при котором выход соединён с общим проводом. В этом случае соответствующий транзистор открывается. Резисторы R7—R9 ограничивают базовые токи этих транзисторов, а резисторы R11, R12 и R15 — ток через светодиоды HL1—HL42.

Работает устройство следующим образом. После подачи напряжения питания включается первый световой эффект и начинает работать генератор на микросхеме DA1. Импульсы генератора поступают на вход CN (вывод 14) счётчика DD1, который начинает их счёт, и формируется продолжительность светового эффекта, которая, кроме первого, составляет около 47 с. Как только на выходе 8 (вывод 9) счётчика DD1 появится высокий логический уровень, транзистор VT1 откроется. При этом выключается первый световой эффект. После очередного переключения счётчика высокий уровень на выходе 8 сменяется на низкий и транзистор VT1 закрывается. Одновременно высокий уровень напряжения появится на выходе 9 (вывод 11) счётчика. Но на базу транзистора это напряжение VT1 поступает через интегрирующую цепь R4C3 и стабилитрон VD3, поэтому этот транзистор отрывается с задержкой. В результате получается пауза между световыми эффектами около 4,5 с. По истечении 47 с выключится текущий световой эффект и включится следующий и т. д.

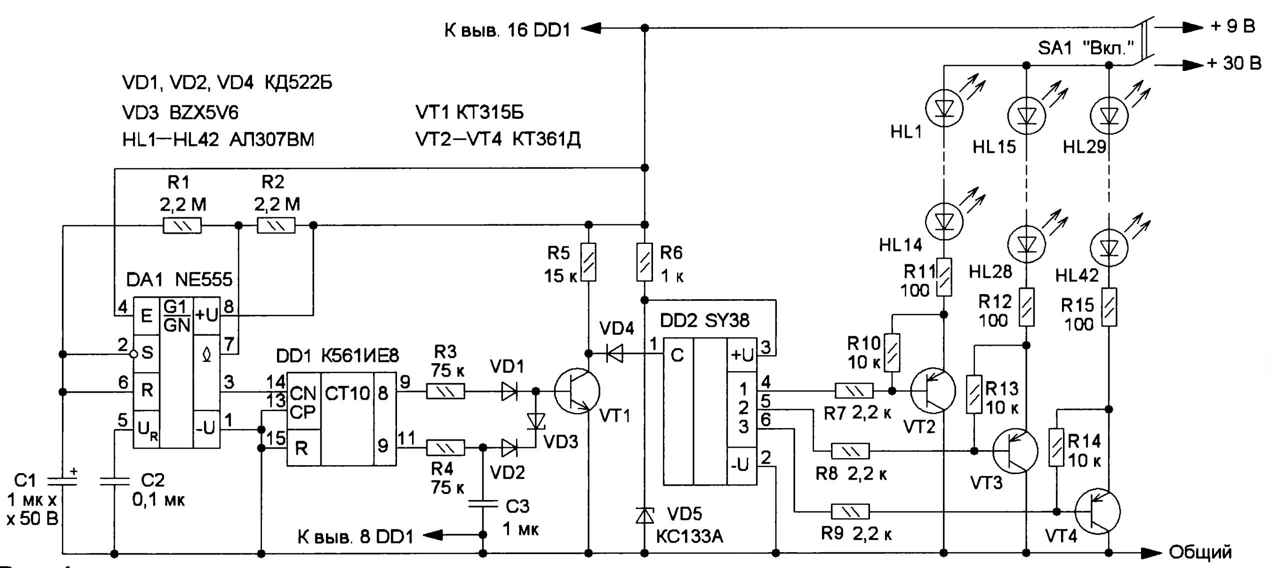


Рис. 1

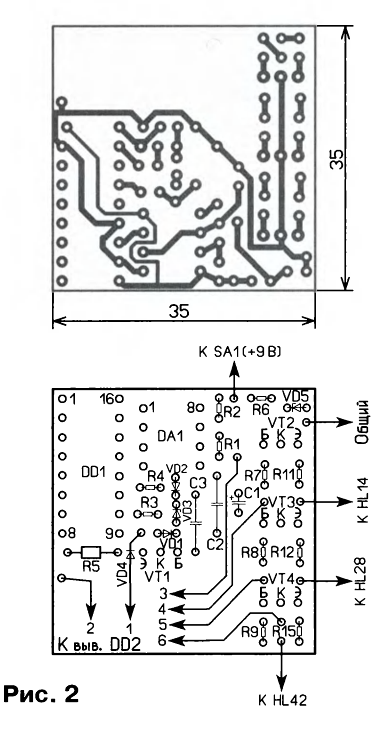


Рис. 2

Большинство элементов, кроме светодиодов, смонтированы на односторонней печатной плате, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 2**. Применены резисторы МЛТ, С2-23, полярный конденсатор — им-

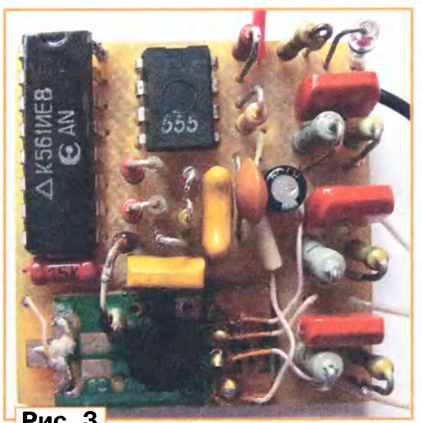


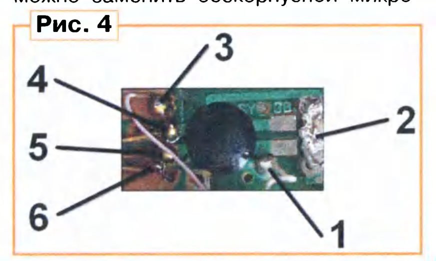
Рис. 3

портный, остальные — К10-17, К73. Диоды КД522Б можно заменить любыми из серий КД103, КД521 или КД522. Микросхему NE555 можно заменить микросхемой КР1006ВИ1, а К561ИЕ8 — импортной серии 4017. Замена стабилитрона BZX5V6 — любой маломощный стабилитрон с напряжением стабилизации 5...6 В и подходящий по размерам. Транзисторы КТ361Д можно заменить любыми маломощными структуры p-n-p с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 30 В.

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 3**. Плата с микросхемой DD2 приклеена к основной плате печатными проводниками вверх. Соединения проведены отрезками изолированных проводов. Резисторы R10, R13 и R14 установлены со стороны печатных проводников. Все светодиоды установлены на печатной плате в виде ёлочки, описание которой приведено в указанной выше статье.

Нумерация выходов микросхемы SY38 (DD2) условная и показана на **рис. 4**. Её можно заменить бескорпусной микро-

Рис. 4



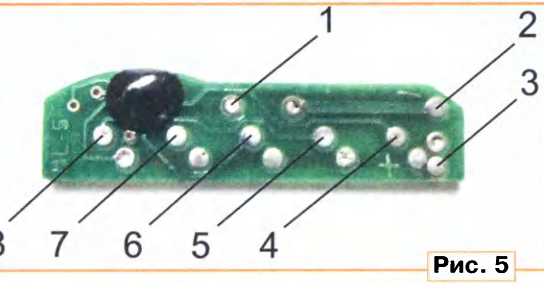


Рис. 5

схемой, расположенной на плате с маркировкой BL-5 (**рис. 5**), от распространённого налобного светодиодного фонаря с линейкой из пяти белых светодиодов. Эта микросхема может обеспечить семь световых эффектов, которые сменяют друг друга в следующем порядке:

— свечение всех групп светодиодов;

— мигание всех групп светодиодов с периодом около 0,25 с;

— мигание всех групп светодиодов с периодом около 0,5 с;

— поочерёдное зажигание и погасание групп светодиодов "бегущий огонь" в одну сторону;

— поочерёдное зажигание и погасание групп светодиодов "бегущий огонь" в другую сторону;

— "бегущий огонь" с большей скоростью;

— "бегущий огонь" сначала в одну, затем в другую сторону.

Кроме того, алгоритм включения и смены световых эффектов несколько отличается, как и число выходов. Включение и смена эффектов производятся однократным соединением вывода 1 микросхемы с общим проводом. Для её подключения схему устройства надо изменить. В этом случае элементы R3, R4, VD1—VD3 не устанавливают, а базу транзистора VT1 соединяют с выводом 2 микросхемы DD1 через резистор сопротивлением 10 кОм. Резисторы R7—R9 подключают к выводам 4, 6 и 8 микросхемы DD2 (BL-5). Питание подают на вывод 3, общий провод подключают к выводу 2, а катод диода VD4 — к выводу 1.

Размеры основной печатной платы для установки платы BL-5 придётся увеличить, а при тех же размерах придётся укоротить плату BL–5 до 26...27 мм, а провода выходов 4, 6 и питания припаивать уже не к контактным площадкам, а к печатным проводникам. Также можно использовать все пять выходов микросхемы BL-5, добавив ещё две группы светодиодов и два транзистора с соответствующими резисторами.

Arduino. Робот, объезжающий препятствия и движущийся на источник света

Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл

Возможные применения аппаратной платформы Arduino очень широки, но любители электроники чаще всего используют её для конструирования разнообразных роботов. Это особенно справедливо для младшей части радиолюбительского сообщества. Конструирование роботов не только естественным образом повышает общую техническую грамотность школьников, но и даёт знания, непосредственно связанные со школьным курсом информатики. Одно дело программировать персональный компьютер, когда правильная или неправильная работа программы отображается просто появлением соответствующих сообщений или изображений на мониторе, и совсем другое — видеть, как запрограммированный тобой аппарат самостоятельно движется по заданному маршруту, реагирует на препятствия, реализует те или иные специальные функции.

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2016, № 7—11

Для примера можно сконструировать простейший робот, который объезжает препятствия и движется в сторону источника света подобно описанному в [1] на с. 422—429, но на современной технической базе. Эта конструкция ориентирована на радиолюбителей, которые только начинают знакомиться с Arduino, поэтому устройство построено на наиболее широко распространённом модуле Arduino UNO, а все периферийные устройства — самодельные, построенные из широко распространённых деталей.

Робот, изображённый на **рис. 1**, представляет собой трёхколёсное шасси с двумя ведущими колёсами и малым опорным колесом. Основанием конструкции служит диск из органического стекла диаметром 120 мм и толщиной 5 мм, его, конечно, можно сделать и квадратным приблизительно такого же размера. В передней части основания установлены парные контактные и оптические датчики. В средней части снизу размещён батарейный отсек, а сверху — плата Arduino UNO. В кормовой части установлен теплоотвод с транзисторами, управляющими электродвигателями.

Электрическая принципиальная схема робота представлена на **рис. 2**. Датчики препятствий построены на базе конечных выключателей SF1 и SF2, установленных соответственно справа и слева по ходу робота. Применённые конечные выключатели PROMET 83 133 54

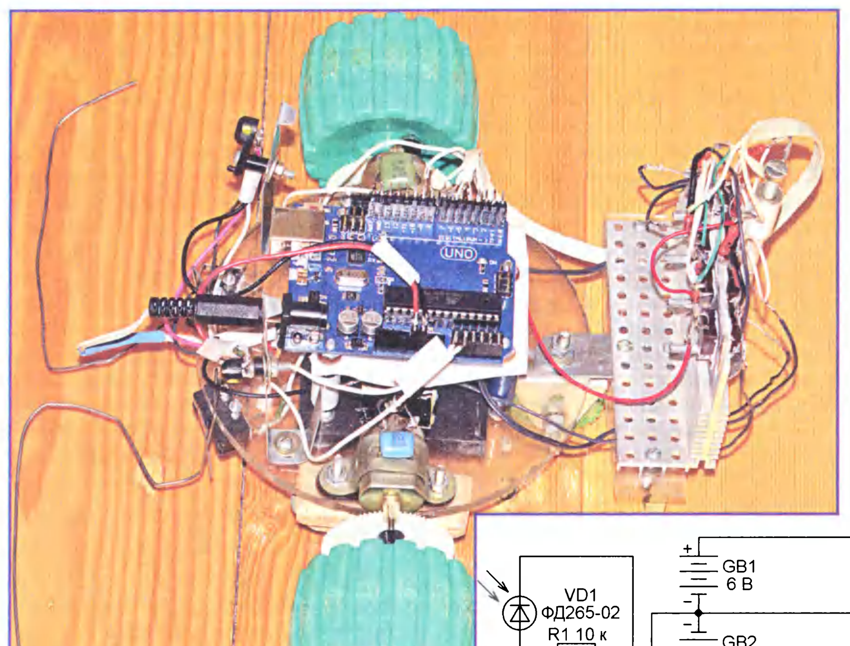


Рис. 1

AR-35 можно с успехом заменить любыми другими, подходящими по размерам и, желательно, снабжёнными пружинными рычагами управления.

Эскиз конструкции датчика показан на **рис. 3**. Свободно вращающийся в отверстии основания 4 "ус" 1 из стальной проволоки диаметром 1 мм при столкновении с препятствием нажимает на пружинный рычаг 2, а тот, в свою очередь, — на толкатель конечного выключателя 3. Сигналы срабатывания поступают на входы модуля Arduino с резисторов R2 и R3, включённых последовательно с конечными выключателями. При срабатывании любого из датчиков препятствия робот отъезжает назад, а затем разворачивается в сторону, противоположную сработавшему датчику, и продолжает движение.

По обе стороны от концевых выключателей на основании робота закреплены, как показано на **рис. 4**, с помощью пластмассовых держателей на самодельных кронштейнах фотодиоды VD1 (справа по ходу движения робота) и VD2 (слева по ходу движения). Оба фотодиода направлены вперёд. Сигналы на входы модуля Arduino поступают с включённых последовательно с фотодиодами резисторов R1 и R4. Микроконтроллер модуля сравнивает эти сигналы и движется в ту сторону, где освещённость выше.

Каждое из двух передних ведущих колёс приводится в движение своим электродвигателем F130-13180. Двигатель M1 вращает правое колесо, а двигатель M2 — левое. Поворот выполняется реверсом одного из них. Благодаря этому возможен разворот фактически на месте. Параллельно двигателям подключены искрогасящие плёночные конденсаторы C1 и C2 серии K73.

Непосредственно установить колесо на вал двигателя нельзя, его вращающего момента недостаточно, чтобы сдвинуть робот с места, а частота вращения слишком велика. Необходим редуктор, понижающий частоту вращения, но увеличивающий вращающий момент. Как видно на **рис. 5**, где изображены левые двигатель и колесо, на вал двигателя надета шестерня с восемью зубьями. Она входит в зацепление с зубчатым колесом, имеющим 80 зубьев и соединённым с ведущим колесом. Таким образом, вращающий момент с вала двигателя передаётся на колесо через редуктор с передаточным отно-

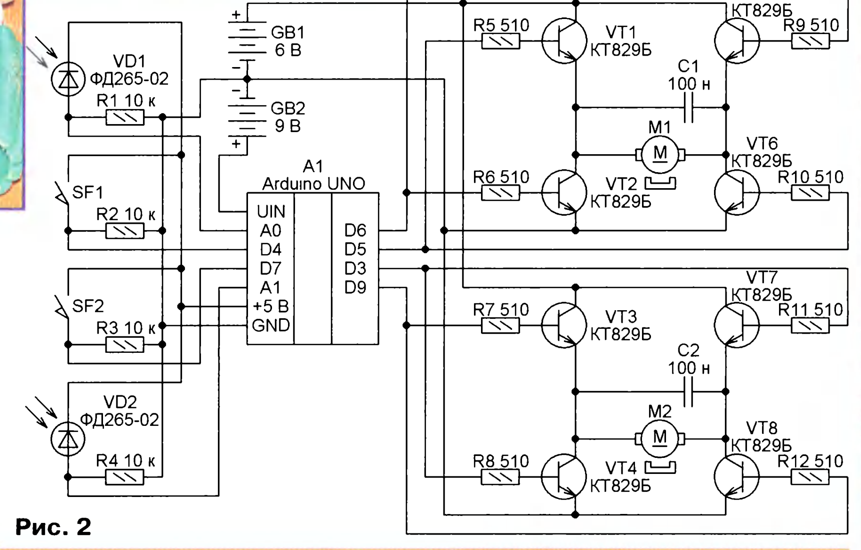


Рис. 2

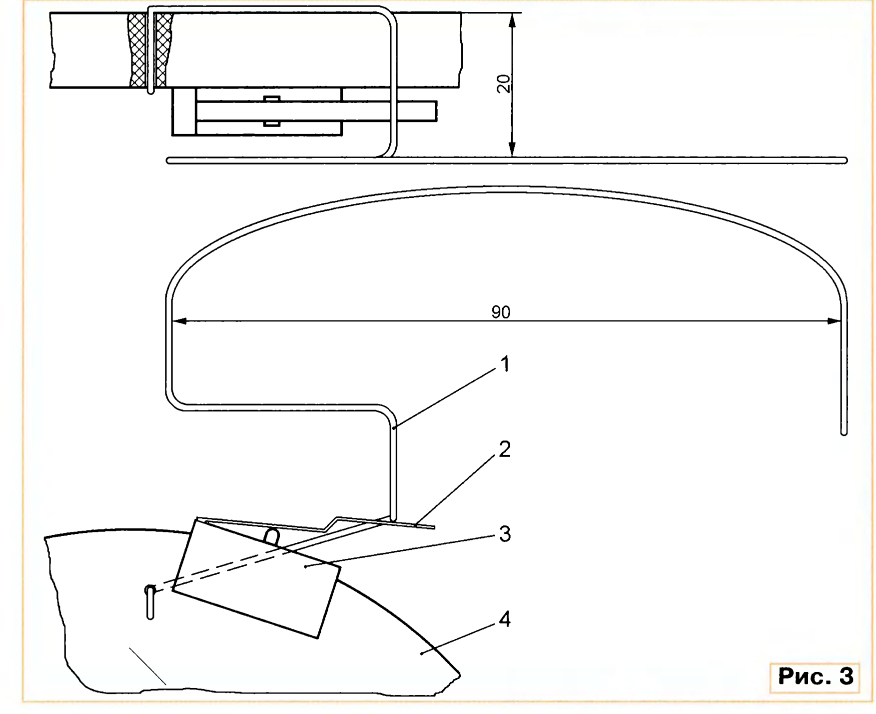


Рис. 3

шением 1:10. Ось колеса вращается в самодельном подшипнике скольжения, сделанном из отрезка стержня от гелевой ручки. Все движущиеся части смазаны солидолом. Двигатели F130-13180 с шестернями взяты от старых электрифицированных игрушек. Зубчатые колёса извлечены из сломанных индукционных фонарей "Жучок".


Рис. 4

Нужно сказать, что в кустарных условиях изготовить редуктор надлежащего качества довольно сложно. Описанный выше колёсный модуль — это самый простой вариант. Желательно применить более сложный многоступенчатый редуктор. Возможность двигаться по пересечённой местности с небольшой скоростью важнее, чем движение по идеально ровной поверхности с большой скоростью. В идеале в конструкцию, имеющую практическое, а не только учебное значение, нужно добавить пружинную подвеску колёс с датчиком пробуксовки и отрыва колеса от пола. Самостоятельное изготовление такого сложного электромеханического узла требует доступа к станочному парку, что чаще всего невозможно. Поэтому автор советует по возможности использовать готовую ходовую часть от самоходных игрушек или применять специальные мотор-колёса для роботов [2—4].

Модуль Arduino управляет электродвигателями с помощью двух реверсивных электронных ключей на транзисторах VT1—VT8. Они собраны навесным монтажом на теплоотводе, извлечённом из старого компьютерного блока питания. Кроме указанных на схеме, в них можно использовать любые транзисторы серий КТ829, КТ819 или их импортные аналоги.

Следует принять меры к изоляции корпусов транзисторов от теплоотвода, для чего подложить под них изолирующие, лучше всего тонкие слюдяные прокладки. Готовые прокладки можно найти в старом компьютерном блоке питания. Изолированы должны быть и винты, крепящие транзисторы к теплоотводу.

Строго говоря, для такого сравнительно маломощного устройства, как описываемый робот, массивный теплоотвод не нужен. Однако этот робот создавался как сугубо учебный, поэтому при ошибочном программировании неопытным пользователем в нём возможно одновременное открывание всех ключевых транзисторов. Это приводит к протеканию через транзисторы довольно большого тока, и без теплоотвода они могут выйти из строя.

Рядом с теплоотводом в роботе установлена высокая стойка, предназначенная для предотвращения повреждения транзисторных ключей при его "аварии". Вместе с кронштейнами фотодиодов она служит также опорой для установки робота в перевёрнутое положение для замены элементов питания или ремонта.

Рис. 5

Модуль Arduino UNO питается от батареи GB2 (6F22 "Крона") напряжением 9 В. Держатель этой батареи расположен в центре основания робота под самим модулем. Датчики получают стабилизированное напряжение +5 В от модуля Arduino. Источник питания двигателей — батарея из четырёх гальванических элементов типоразмера АА. Отсек для них расположен на нижней стороне основания. При активной эксплуатации робота вместо гальванических элементов можно воспользоваться Ni-MH аккумуляторами аналогичного типоразмера.

Применение раздельных источников питания обусловлено тем, что при работе двигателей напряжение питающей их батареи неизбежно "проседает", что может стать причиной неустойчивой работы Arduino при его питании от того же источника. Питание Arduino от отдельной батареи решает эту проблему.

В первом варианте программы, управляющей роботом, датчики освещённости для простоты не задействованы. Программа называется robot_1_0.ino и находится в приложении к статье. Каждым из двигателей управляет пара цифровых выходов Arduino в режиме ШИМ. Поскольку двух абсолютно одинаковых двигателей и колёс быть не может, необходимо подобрать такие коэффициенты, управляющие скважностью импульсов, при которых робот движется по прямой, не уклоняясь в сторону, например:

```
// для правого двигателя
int right_M_s = 250;
// для левого двигателя
int left_M_s = 255;
```

Во втором варианте программы (robot_1_1.ino) работают все датчики робота. Для определения, какой из фотодиодов освещён сильнее, программа сначала вычисляет разность показаний датчиков, а затем модуль этой разности сравнивает с его максимально допустимым значением — константой eps:

```
x = val_right-val_left;
if(eps>abs(x)) {…}
```

Такой приём использован для того, чтобы робот двигался по прямой, пока разность показаний его оптических датчиков невелика. Если же превышение eps имеет место, робот разворачивается в сторону источника света. Так сделано по той причине, что абсолютно одинаковых показаний обоих оптических датчиков добиться затруднительно, и без описанной обработки этих показаний робот не сможет двигаться по прямой.

В целом описанный робот представляет собой простую конструкцию, предназначенную для знакомства с робототехникой и основами программирования, ориентированную на радиолюбителей, которые только начали своё знакомство с аппаратной платформой Arduino.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Отряшенков Ю. М.** Юный кибернетик. — М.: Детская литература, 1978.

2. Забористые колёса. — URL: **http://robocraft.ru/blog/mechanics/992.html** (22.09.16).

3. Шасси для колёсного робота. — URL: **http://radioskot.ru/publ/raznoe/shassi_dlja_kolesnogo_robota/18-1-0-1122** (22.09.16).

4. **Мамичев Д.** Самоходный трактор-игрушка. — Радио, 2015, № 12, с. 47, 48.

__От редакции__. Программы для Arduino имеются по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2016/12/robot.zip__ на нашем FTP-сервере.

(Окончание следует)

Фестиваль "Домодедово-2016"

Международный радиолюбительский фестиваль, который практически каждый год проходит в подмосковном доме отдыха "Москвич", стал уже доброй традицией. На него с большим удовольствием собираются наши радиолюбители и гости из ближнего и дальнего зарубежья. Коротковолновиков, совершающих путешествия в эфире по всему свету, нередко называют "любителями приключений, которые путешествуют, не вставая с уютного кресла" (armchair adventures). Может быть, именно поэтому в последние годы приобрели особую популярность различные слёты, фестивали и другие подобные мероприятия, которые дают возможность лично пообщаться со своими коллегами, перейти от заочных эфирных контактов к личным беседам о любимом хобби. Организаторы каждого такого мероприятия обычно формируют разнообразную программу — от серьёзных обсуждений задач и проблем радиолюбительства до весёлых конкурсов, соревнований и тому подобное. Более того, на них всё чаще радиолюбители приезжают с семьями, которые тоже не скучают во время радиолюбительского праздника. Но при всей важности организованной части фестиваля или слёта на первое место всегда выходит их "кулуарная часть" — простое человеческое общение людей, увлечённых радиолюбительской связью.

Вот некоторые отзывы о фестивале "Домодедово-2016" и фото RG3B, появившиеся после его проведения на форуме сайта **QRZ.RU**.



Участники фестиваля — Владимир Феденко (UA3AHA), Нина Баннова (RK3VA) и Сергей Яцкив (RN3RQ).



Ну какой же радиолюбительский фестиваль без своей радиостанции — в эфире R73SRR.

"Хорошее место. Был первый раз и думаю не последний! Познакомился с интересными людьми. Впечатлений масса..." — RO9S.

"Много новых впечатлений, знакомств, всё приятно, позитивно. На коллективке провёл 76 связей и ещё плюс 200 с лишним персональных QSO с коллегами. Полярникам и "Русским робинзонам" отдельный респект. Всё было на высшем уровне. Жаль, что маловато было представлено экспонатов для продажи. Был приятно удивлён, когда случайно встретил товарища из Тынды, — не виделись 25 лет." — RN5A.

"Карточки за связи с R73SRR отписаны всем по логу. Спасибо Володе UA3A за возможность повещать этим позывным с фестиваля!" — RN3RQ.

"Первый раз на фестивале — очень понравилось. Даже супруга была в восторге от нашего мероприятия." — RD3TBQ.

"Всё было традиционно — класс! Один недостаток — поздно объявили о проведении слёта. Лично пообщался с организаторами, и они сказали, что даты проведения следующего слёта (г. Воронеж) объявят до Нового года, для того чтобы все могли спланировать свои поездки, отпуска, ну и билеты купить подешевле." — R6MG.

Так что до встречи на фестивале следующего года!

Итоги "RADIO" WW RTTY CONTEST 2016

Судя по отзывам спортсменов (как наших, так и зарубежных), в этом году прохождение радиоволн во время этого контеста было "не очень". Естественно, что это сказалось на активности телетайпистов — число участников соревнований, приславших отчёты, примерно на десять процентов ниже, чем это было в прошлом году. Больше всего "пострадали" высокочастотные диапазоны — лишь немногие спортсмены заявились в однодиапазонном зачёте на диапазонах 10 и 15 метров.



Юрий Котельников (RT9S) был лучшим на самом "боевом" диапазоне — 20 метров.

Всего мы получили в этом году 454 отчёта — 119 из них прислали наши соотечественники. В контесте были представлены 49 зарубежных стран всех шести континентов. У россиян большая часть участников была из европейской части страны (84 радиостанции). Азиатскую её часть представляли только 35 радиостанций. Всего за Россию выступали спортсмены из 48 областей, краёв и республик.

Число участников этих соревнований (по присланным отчётам), близкое к цифре 500, держится уже несколько лет. Но их реальное число на самом деле заметно больше. В этом году свои отчёты не прислали 195 радиостанций. Причём это не "уники", установившие всего несколько связей и в силу этого "поленившиеся" оформить отчёт, а те, кто провёл несколько десятков зачётных QSO. В их числе были и участники, представлявшие свою страну в единственном числе. Это, естественно, повлияло на множитель и конечный результат ряда спортсменов, вошедших в зачёт. Россиян, правда, в списке не приславших отчёты, немного — всего семь.

Поскольку судейство соревнований по радиосвязи сейчас осуществляется с помощью компьютера и проходит сравнительно быстро, три года назад мы уменьшили до двух недель срок предоставления отчётов. Однако не это является причиной отсутствия отчётов от тех, кто не прислал их, — критический двухнедельный срок превысили всего несколько участников. А за невысылкой отчётов в первую очередь стоит определённая безалаберность ряда спортсменов, характерная для всех, без исключения, заочных соревнований по радиосвязи...

В многодиапазонном зачёте лучшим был Николай Никитюк (EM0I, г. Святогорск Донецкой области). Он повторил свой успех 2013 г., когда уже лидировал в этой группе. На диапазоне 28 МГц на первое место вышел Алексей Мандрыка (RU7A, г. Краснодар), на диапазоне 21 МГц — Владимир Баштинский (UA6CE, г. Тихорецк Краснодарского края), на диапазоне 14 МГц — Юрий Котельников (RT9S, пос. Энергетик Оренбургской области), на диапазоне 7 МГц — Евгений Пресман (4Z5UN, г. Петах-Тиква, Израиль), на диапазоне 3,5 МГц — Николай Яковенко (UT5EEP, г. Кривой Рог, Украина).

Среди радиостанций с несколькими операторами снова победила дружная команда красноярских спортсменов RW0A, а у наблюдателей лучшим был Геннадий Дроздов (UA3182SWL) из г. Воронежа.

Итоги соревнований для лидеров по зачётным группам приведены в **таблице**. В ней указаны занятое место, позывной, число связей, число очков за связи, множитель и окончательный результат.

Технические результаты по всем участникам этих соревнований можно посмотреть по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/2016-10-4.shtml** на сайте журнала "Радио".

SINGLE OP MULTI BAND

1	EM0I	724	4285	234	1002690
2	RA9AU	415	3965	172	681980
3	RM3DA	530	3015	194	584910
4	RA6GW	477	2800	192	537600
5	RM3F	497	2800	189	529200
6	YO9HP	476	2835	178	504630
7	RZ9AD	326	3115	161	501515
8	UN6TA	336	3070	148	454360
9	UX7QV	449	2400	186	446400
10	R7MM	435	2420	183	442860

SINGLE OP 28.0MHz

1	RU7A	22	120	17	2040
2	IT9BLB	25	130	15	1950
3	IZ3NVR	3	15	2	30

SINGLE OP 21.0MHz

1	UA6CE	110	610	49	29890
2	ER1OO	78	420	37	15540
3	D1WW	56	300	33	9900
4	YC9GWR	38	360	17	6120
5	UN4PG	24	220	20	4400
6	IQ7QK	43	215	15	3225
7	YD1DTE	27	265	11	2915
8	F8BDQ	26	135	18	2430
9	UW4I	22	140	13	1820
10	DO9MJ	16	80	8	640

SINGLE OP 14.0MHz

1	RT9S	243	2300	73	167900
2	LZ7A	327	1935	80	154800
3	RK4FF	320	1955	70	136850
4	R9WDV	223	2200	58	127600
5	UN7GDQ	182	1605	66	105930
6	RL9LR	165	1565	61	95465
7	G4RCG	220	1305	70	91350
8	IZ8GNR	197	1170	75	87750
9	R2CA	213	1245	62	77190
10	IZ5IOS	175	1035	65	67275

SINGLE OP 7.0MHz

1	4Z5UN	254	2380	66	157080
2	R7AB	324	2040	76	155040
3	S53F	253	1425	71	101175
4	YO4NF	238	1335	63	84105
5	9A1TESLA	158	980	56	54880
6	YQ6A	156	945	55	51975
7	RZ9A	101	945	46	43470
8	RV3ZN	149	830	52	43160
9	EU8F	157	835	51	42585
10	OK1MSP	118	690	53	36570

SINGLE OP 3.5MHz

1	UT5EPP	133	715	56	40040
2	RN3D	123	670	57	38190
3	UR4MG	101	550	49	26950

MULTI OP MULTI BAND

1	RW0A	595	5310	203	1077930
2	RK3PWR	497	2815	181	509515
3	RK3DXW	346	1950	146	284700
4	YT3H	291	1695	144	244080
5	UB7K	292	1625	134	217750
6	R3MAI	247	1445	133	192185
7	R5RT	151	915	92	84180
8	UI9I	72	635	53	33655
9	RZ0LWA	52	305	23	7015
10	UA0WF	21	150	18	2700

SWL

1	UA3182SWL	178	975	84	81900
2	I3-802SWL	28	150	24	3600
3	EA6-001SWL	3	15	3	45

Новости СРР

Президиум СРР установил на 2017 г. следующий размер членских и вступительных взносов, перечисляемых в центральный бюджет СРР, а также абонементов на пользование услугами QSL-бюро СРР:

— членский взнос для членов СРР 1948—1998 гг. рождения — 695 руб.;

— членский взнос для членов СРР 1947 г. рождения и старше — 390 руб.;

— абонемент на пользование услугами QSL-бюро для юниоров 1999 г. рождения и моложе — 100 руб. (включая НДС);

— вступительный взнос — 200 руб., из которых 100 руб. подлежат перечислению в центральный бюджет СРР, а 100 руб. остаются в бюджете структурного подразделения СРР, осуществившего приём в СРР. С граждан 1947 г. рождения и старше вступительные взносы не взимаются.

Размер абонемента на пользование услугами QSL-бюро для граждан 1998 г. рождения и старше, а также порядок его уплаты будут определены позже.

Президиум СРР принял решение рассмотреть и утвердить бюджет СРР в окончательной редакции на своём заседании 17 декабря 2016 г.

Президиум на своём заседании 27 сентября 2016 г. утвердил следующие нормы представительства делегатов от региональных отделений на съезд СРР, который, в соответствии с уставом СРР, планируется провести 14—16 апреля 2017 г.:

— до 100 членов РО СРР включительно — один делегат;

— от 101 до 250 членов РО СРР — два делегата;

— от 251 до 500 членов РО СРР — три делегата;

— от 501 и более членов РО СРР — четыре делегата.

При этом региональные отделения СРР, не перечислившие членские взносы за 2017 г. в установленные президиумом СРР сроки, не могут быть представлены на съезде Союза. Избранный делегат не имеет права передавать свой голос другому лицу. Наряду с избранием делегата, собрание (конференция) РО СРР вправе избрать дублёров основного делегата (число дублёров не ограничивается). Руководители региональных отделений и члены президиума СРР делегатами по должности не являются.

Делегаты (дублёры) могут избираться только на конференции (общем собрании) РО СРР простым большинством голосов при наличии кворума. Руководители РО СРР при проведении собраний (конференций) должны включить в повестку дня вопрос об избрании делегатов (дублёров).

В преддверии Дня военного связиста, 19 октября 2016 г., в военно-патриотическом парке культуры и отдыха Вооружённых Сил Российской Федерации "Патриот" открыт узел связи "Звезда", в котором установлена любительская радиостанция с позывным сигналом R5AP.



В церемонии открытия приняли участие заместитель начальника Главного управления связи Вооружённых Сил Российской Федерации генерал-майор Вадим Шамарин, президент Союза радиолюбителей России Дмитрий Воронин (RA5DU), а также начальник 16-го Центрального научно-исследовательского испытательного института Минобороны России полковник Валерий Жужома (UB4FBQ).

Важно отметить, что первые практические шаги к реализации плана по созданию радиоклуба на базе парка "Патриот" уже сделаны. Силами Наро-Фоминского местного отделения СРР в короткий срок успешно была организована работа любительской радиостанции R5AP. Только в день открытия экспозиции было проведено почти полсотни радиосвязей с радиолюбителями многих регионов России и стран ближнего зарубежья.

Каждые три года организация 1-го района Международного союза радиолюбителей IARU проводит свою генеральную конференцию.

Союз радиолюбителей России всегда направляет своего представителя на эти конференции. В настоящее время в национальных радиолюбительских организациях 1-го района начинается выработка предложений по внесению изменений и дополнений в документы IARU: рекомендаций по использованию технических средств и процедурам проведения радиосвязей на КВ, УКВ и СВЧ, частотному планированию, соревнованиям, электромагнитной совместимости и развитию радиолюбительского движения.

СРР до 15 января 2017 г. осуществляет приём предложений по внесению изменений и дополнений в документы 1-го района IARU. Подаваемые предложения не должны противоречить международным документам, в том числе РР МСЭ, а также рекомендациям СЕРТ.

Форма подачи предложений стандартная: табличка с тремя столбцами. Слева — текст соответствующего пункта документа IARU в действующей редакции на английском языке, в центре — текст этого же пункта в предлагаемой редакции на русском языке, справа — текст с пояснениями.

Порядок подачи предложений тоже стандартный — предложения от членов Союза принимаются к сведению автоматически, на предложения, поддержанные Советом РО СРР (конференцией, собранием РО СРР), даются развёрнутые ответы президиума, предложения от граждан, не являющихся членами СРР, направляются на экспертизу в РО СРР того субъекта РФ, откуда поступило предложение.

Для подачи предложений рекомендуется использовать форму обратной связи раздела "Контакты" сайта СРР. Предложения подаются на имя члена президиума СРР И. Григорьева (RV3DA).

По представлению 1-го района IARU CEPT включила в экзаменационную программу Гармонизированного радиолюбительского экзаменационного сертификата (HAREC) темы из "Кодекса поведения радиолюбителя" и по практике работы в эфире. Союз радиолюбителей России готовит введение в список экзаменационных вопросов для всех радиолюбительских категорий вопросы по данной тематике.



НА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНАХ



Молодёжный кубок имени А. С. Попова

Поддерживая молодёжную часть радиолюбительского движения в нашей стране, редакция журнала "Радио" вот уже почти двадцать лет проводит специальные соревнования по радиосвязи на КВ. Изначально это были просто соревнования молодёжных радиостанций (YOUNG OPERATORS CONTEST — YOC), и проходили они во вторую субботу февраля. Сравнительно недавно они стали Молодёжным кубком имени А. С. Попова, а в прошлом году повысили свой статус — из просто дружеских молодёжных соревнований они перешли в группу официальных соревнований, входящих в Единую всероссийскую спортивную классификацию. Теперь, в частности, их участники, помимо традиционных наград и дипломов, могут получать спортивные разряды...

Как известно, соревнования по радиосвязи проводятся по субботам—воскресеньям. Наш "радиостадион" (эфир) — один на весь мир, а число "уикендов" в году ограничено. Поэтому, конечно, неизбежны эфирные конфликты между различными соревнованиями. В своё время IARU выработали некоторые рекомендации, позволяющие в какой-то мере минимизировать эти проблемы. Но, увы, далеко не все организаторы следуют этим рекомендациям.

Коснулась эта проблема и нас — организаторы (BLACK SEA CONTEST CLUB) частично наложили свои соревнования на Молодёжный кубок имени А. С. Попова. Чтобы избежать "разборок" с организаторами различных соревнований, которые проходят в первые субботу—воскресенье февраля, редакция журнала "Радио" (организатор этого кубка), обсудив сложившуюся ситуацию с Союзом радиолюбителей России (они отвечают за соревнования, включённые в ЕВСК), приняла решение об изменении даты проведения этих соревнований.

Начиная с 2017 г. Молодёжный кубок имени А. С. Попова будет проводиться во вторые полные субботу—воскресенье октября. Положение в целом не предполагается изменять, но какие-то его коррективы, вытекающие из накопленного за последние три года опыта, не исключены. Полный текст положения будет опубликован позже — ближе к дате проведения соревнований.

"Старый Новый год"

Традиционные соревнования "Старый Новый год" (ONY CONTEST) на призы журнала "Радио" в следующем году пройдут 14 января. В положении об этих соревнованиях нет никаких изменений. Напоминаем, что крайний срок высылки электронных отчётов за все наши соревнования — две недели после их окончания. Мы принимаем и бумажные отчёты (наши соревнования и для тех, кто не имеет Интернета!), но просим высылать их сразу после окончания соревнований. Чтобы не затягивать подведение итогов (компьютерное судейство значительно сократило по времени этот процесс), в зачёт мы сможем включить лишь те из них, что поступят до начала судейства.

"Память"

В этом году эти соревнования будут проходить 20 декабря с 5 до 9 UTC. К участию в них приглашаем всех коротковолновиков мира.

Напоминаем, что радиостанции с одним оператором передают RS(T) и возраст оператора, а с несколькими операторами — средний возраст команды (сумма возрастов всех её участников, разделённая на их число). Участники соревнований в память о своих друзьях или учителях могут передавать дополнительную информацию. Пример: UA3AA DE RW3KKK 59927/UA3VCS 33 (27 — возраст RW3KKK, 33 — число лет, которое прожил UA3VCS). Можно передавать в контрольном номере информацию в память о начальнике коллективной радиостанции, не имевшем личного позывного, и через дробь после её позывного — букву U (учитель), плюс соответствующие цифры возраста SK.

Очки начисляются в соответствии с возрастом в принятом контрольном номере. Число очков за QSO со станциями, работающими в память о коллегах, определяется суммой двух возрастов из контрольного номера. Наблюдатели должны зафиксировать позывные обоих корреспондентов.

Электронные отчёты высылают по адресу **contest@radio.ru** или загружают через WEB интерфейс UA9QCQ до 1 января 2017 г. включительно.

"Россия на всех диапазонах"

За радиосвязи на КВ Союз радиолюбителей России выдаёт шесть дипломов. Диплом "Россия на всех диапазонах" — один из числа самых трудных для выполнения (**http://news.srr.ru/?page_id=629**). Он имеет несколько



уровней — базовый диплом за 250 связей, наклейки за 500 и 750 связей, плакетка (выдаётся за 1000 связей) и кубок "Золотая Россия" (вручается за 1250 связей).

По состоянию на начало ноября этого года базовый диплом и наклейки к нему имеют несколько десятков коротковолновиков. Памятные плакетки получили только девять радиолюбителей — UA9CES, UA9MC, RU6YY, UA9CGL, UA3LAR, RW7M, RW4NN, RV1CC и RU4SS. А на уровень, необходимый для получения кубка "Золотая Россия", пока не вышел ни один коротковолновик.

Крымский радиоклуб — история

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь

Семьдесят лет назад в рамках ОСОАВИАХИМа (Оборонного общества тех лет) началось образование в стране областных радиоклубов, на которые были возложены задачи допризывной подготовки молодёжи, подготовки специалистов для народного хозяйства и работы с радиолюбителями. Автор книги "История радиолюбительского движения и радиоспорта в Крыму" рассказывает о том, как был создан и развивался областной радиоклуб.

В апреле 1946 г. при Симферопольском горсовете ОСОАВИАХИМа был создан Симферопольский клуб связи, предшественником которого до войны являлась секция коротких волн. А уже в сентябре того же года городской радиоклуб был преобразован в областной. Вторым городом в Крыму, где в ноябре появился филиал радиоклуба, объединивший городских радиолюбителей, стала Ялта.

В первые несколько лет существования областного радиоклуба были сложности в его работе. Они были связаны с отсутствием квалифицированных специалистов в области радиолюбительства, помещений для организации работы клуба, а также слабой материально-технической базой. Несколько улучшило положение то, что в 1949 г. радиоклуб прикрепили к полку связи Таврического военного округа, который оказывал клубу материально-техническую помощь.

Коротковолновая любительская радиостанция крымского радиоклуба UA6KSA была введена в эксплуатацию в 1948 г. В эфире активно работали 20 членов радиоклуба. У двух были уже индивидуальные позывные, а у 18 — позывные наблюдателей. Среди активистов клуба выделялись Борис Павленко (URSA-6-793, позднее UB5SK), Виолетта Куликова (URSA-6-929), Антон Прокопенко (UA6SB), Михаил Мызников (URSA-6-1754) и Валентин Самборский (URS-5-7/KP), который получил наблюдательский позывной ещё в июне 1941 г.

В 1949 г. радиоклубом были проведены три соревнования коротковолновиков и несколько конкурсов радистов-операторов. В следующем году была открыта при областной Станции юных техников (СЮТ) коллективная радиостанция UA6KSB, появились новые индивидуальные радиостанции. Начальником радиостанции СЮТ стал Юрий Панасенко (UA6SC).

В радиоклубе были организованы секции коротких волн (28 членов) и конструкторской работы (65 членов). В лаборатории и мастерской радиоклуба члены этих секций имели возможность проверять и усовершенствовать свои конструкции.

Зарегистрированных на 1 июня 1951 г. любительских коротковолновых радиостанций в Крыму было всего шесть, из них две — коллективные (UA6KSA и UA6KSB) и четыре — индивидуальные (UA6SA, UA6SB, UA6SC и UA6SD). Все они находились в городе Симферополе. Кроме того, официально было зарегистрировано 22 коротковолновика-наблюдателя.



QSL клубной радиостанции из тех далёких времён...

переподготовку уволенные в запас военнослужащие. Для желающих получить профессию радиста-оператора, востребованную в тот период, курсы работали в дневное и вечернее время.

В Крыму стали проводиться всесоюзные и республиканские соревнования по радиоспорту. За чёткую организацию и судейство различных соревнований М. К. Зозуле было присвоено звание судьи всесоюзной категории по радиоспорту.

Если в 1951 г. в Крыму насчитывалось всего шесть коротковолновых радиостанций, по данным публикуемых Центральным радиоклубом ДОСААФ СССР списков позывных любительских коротковолновых и ультракоротковолновых радиостанций СССР в 1958 г. их было уже 21, в 1959 г. — 55, в 1962 г. — 88. В 1979 г. их число возросло до 265.

Крымские радиолюбители внесли значительный вклад в различные направления радиолюбительского движения — радиоспорт, радиоконструирование, скоростная телеграфия, "охота на лис" и др. Многие спортсмены Крыма стали чемпионами и победителями в международных, всесоюзных и республиканских соревнованиях на КВ и УКВ, в других видах радиоспорта. Часто радиолюбители Крыма представляли свои конструкции на различных радиовыставках, где занимали призовые места. Об уровне развития радиоспорта в Крыму свидетельствует значительное число мастеров спорта СССР, мастеров спорта международного класса, чемпионов СССР и республики, призёров радиовыставок. Радиолюбителям Крыма есть чем гордиться, отмечая 70-летие образования радиоклуба.



Ю. Панасенко (UA6SC) и его питомцы на радиостанции СЮТ UA6KSB.

В конце 1953 г. Крымский областной радиоклуб возглавил Михаил Константинович Зозуля. Началась новая эпоха в деятельности радиоклуба — он получил новые помещения, были оборудованы учебные классы для подготовки радистов и коллективная радиостанция.

За короткий срок радиоклуб стал образцово-показательным. Постоянно работали курсы по подготовке радистов-операторов, на которых проходили переподготовку уволенные в запас военнослужащие.

Со временем областной радиоклуб был преобразован сначала в Радиотехническую школу, а затем в Объединённую техническую школу ДОСААФ. В конце 1991 г. ОТШ прекратила своё существование.

Событию — 70 лет

Наша история



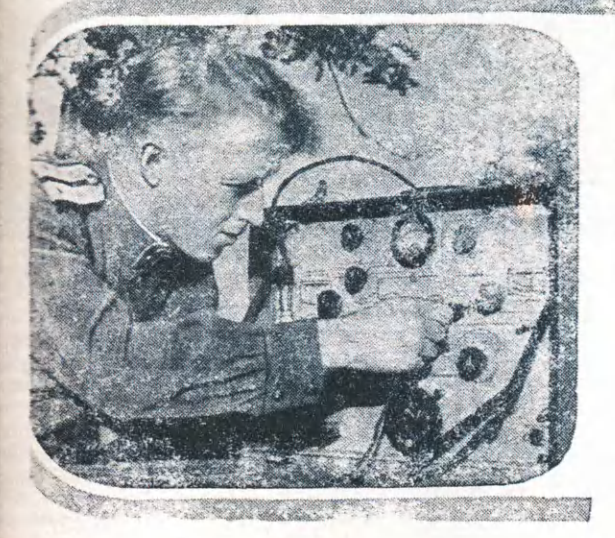
Кроме того, в свободное от служебных передач время «Аэро» установила около 60 QSO с любительскими радиостанциями СССР.

Передача производилась на волнах 40- и 80-метрового диапазона.



Вечером 9 октября на стартовой площадке аэростатов около аэрологического института было оживленно и шумно. Подготовлялся в полет аэростат «СССР-ВР-63» для наблюдения за метеоритным потоком кометы Джакобини-Циннера.

Центральный радиоклуб Осоавиахима принял участие в радиообслуживании полета. Коротковолновая рация (позывной «Аэро») с радистом-оператором В. В. Белоусовым (UA3CA), установленная на аэростате, во время полета поддерживала связь с радиостанцией аэрологического института, сообщала ей сведения об интенсивности метеоритного потока и другие интересующие институт данные.



С «Аэро» работали: RAEM, UA3KAH, UA3KAB, UA3AW, UI8AA (Ташкент), QRK «Аэро» колебалась от R2 до R7. Связь с «Аэро» не прекращалась всю ночь. Около 7 часов утра аэростат благополучно опустился недалеко от Арзамаса.

Вверху (в овале) — радист т. Белоусов В. В. в корзине аэростата. В середине — экипаж аэростата (слева направо): радист Белоусов В. В., пилот Иванова Л. В. и астроном-наблюдатель Катасев Л. А.

Внизу — проверка радиостанции перед полетом

Низкочастотная, с вертикальной поляризацией

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

Антенны с вертикальной поляризацией, начиная с классического "четвертьволнового штыря", популярны у радиолюбителей. Причин тому несколько. Во-первых, большинство из них имеют круговую или близкую к ней диаграмму направленности по азимуту. Это важно в любительской радиосвязи для простых антенн, поскольку потенциальные корреспонденты могут находиться в любом направлении. Во-вторых, в вертикальной плоскости они обычно имеют "прижатую" к земле диаграмму направленности, что важно для проведения DX-связей. И в-третьих, они достаточно удобны конструктивно — в частности, для установки на ограниченных по площади крышах жилых зданий.

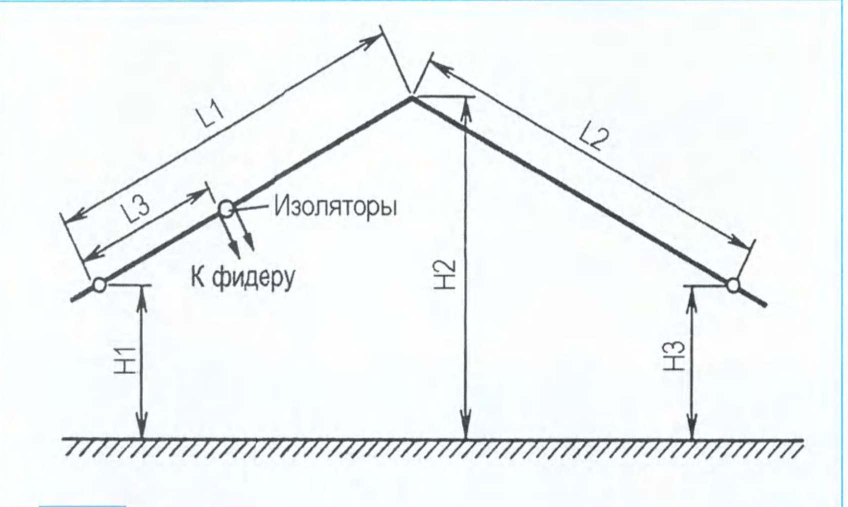


Рис. 1

Но есть и одна проблема — практически все такие антенны требуют хорошей "земли", которую реализуют обычно в виде набора четвертьволновых противовесов. Конструктивно их вроде бы удобно разместить непосредственно на крыше здания, но в этом случае из-за близости к нему они вносят в антенную систему некоторые потери, особенно заметные при небольшом числе противовесов. Уйти от этих потерь сравнительно несложно — достаточно не укладывать противовесы на крышу, а поднять их на высоту примерно 2 м. Но это крайне неудобно с конструктивной точки зрения — ни на крыше жилого здания, ни на деревенском участке...

Установка таких антенн на низкочастотные любительские диапазоны вызывает, конечно, известные затруднения. Для диапазона, скажем, 80 метров обычный GP уже имеет высоту около 20 м. А полноразмерные противовесы вписываются в круг диаметром 40 м. Это уже нереально для большинства радиолюбителей и крыш жилых домов в городе. Да и в сельской местности, пожалуй, тоже. По этой причине разработаны различные варианты укороченных антенн, но, как известно, укорочение в данном случае — это компромиссное решение, снижающее эффективность антенны.

Швейцарский коротковолновик HB9SL предложил проволочную антенну (**рис. 1**), которая имеет значительную вертикальную составляющую с диаграммой направленности в вертикальной плоскости, близкой к хорошему GP. Он назвал её VP2E, что расшифровывается как "Vertical Polarized 2 Element" или же "двухэлементная антенна с вертикальной поляризацией". Строго говоря, эту антенну вряд ли можно считать двухэлементной. Скорее всего, её можно рассматривать как проволочный излучатель с длиной, близкой к рабочей длине волны, запитанный в стороне от центра и подвешенный на одной мачте в виде перевёрнутой буквы V. При желании, конечно, её можно трактовать как полуволновый излучатель, запитанный в стороне от центра, к концу которого добавлен ещё один полуволновый излучатель, запитанный с конца (что-то вроде "антенны Фукса").

Но, независимо от трактовки, эту антенну отличает наличие заметной вертикальной составляющей и то, что для её работы не требуется хорошая "земля" (противовесы). Для установки нужна только одна мачта.

Длины участков излучателя L1 и L2 равны 0,492λ, а расстояние от края излучателя до точки запитки излучателя L3 выбрано 0,139λ. При этом, по расчётам автора, входное сопротивление антенны будет около 50 Ом. Угол при вершине (в точке перегиба излучателя) — около 140°. Высота мачты H2 должна быть примерно 0,18λ (т. е. меньше, чем высота полноразмерного GP!). Концы излучателя должны отстоять от "земли" на расстояние H1 и H3 около 0,03λ.

Исходно антенну VP2E автор опробовал на диапазоне 80 метров. Вот какие он привёл размеры: L1 = L2 = 39 м; L3 = 11 м; H1 = H3 = 2,3 м; H2 = 15 м. Для изготовления излучателя использовался антенный канатик диаметром 2,5 мм. При указанных размерах входное сопротивление на частоте 3,78 МГц (соответствовала минимальному значению КСВ по диапазону) у неё было 48+j2,8 Ом, что обеспечило на ней КСВ не более 1,1. Заметим, что при таких размерах антенну можно установить даже на "пятиэтажке".

На **рис. 2** приведены результаты расчёта по программе ELNEC диаграмм направленности трёх антенн: VP2E, GP (четвертьволновый с четырьмя противовесами) и полуволнового диполя, установленного на высоте 15 м (две мачты!). Диаграммы приведены для направления, соответствующего максимумам излучения в горизонтальной плоскости для диполя и VP2E. Как видно из этого рисунка, VP2E и GP имеют сходные диаграммы направленности, но при угле примерно 20° (близок к оптимуму для DX-связей) VP2E обеспечивает уровень сигнала примерно на 4 дБ больше, чем GP и примерно на 7 дБ больше, чем диполь. Это понятно, поскольку при такой высоте установки диполя максимум его диаграммы направленности "смотрит" в зенит.

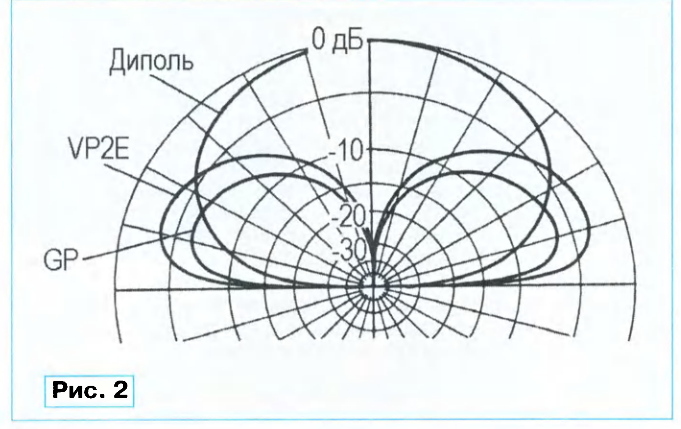


Рис. 2

В отличие от GP, антенна VP2E обладает некоторой направленностью в горизонтальной плоскости, как, впрочем, и диполь. Результаты расчёта диаграмм направленности в горизонтальной плоскости для этих трёх антенн приведены на **рис. 3**. Эти диаграммы рассчитаны для угла излучения в вертикальной плоскости 20°. В этом случае диполь и VP2E имеют схожие диаграммы направленности и примерно одинаковое отношение излучений в направлении максимума диаграммы к её минимуму (около 10 дБ). Иными словами, по этому параметру VP2E не уступает диполю. Однако VP2E выигрывает у диполя примерно 7 дБ в направлении максимума излучения. По параметру "всенаправленности" обе антенны, естественно, уступают GP, который имеет круговую диаграмму. Но если ориентироваться на уровень "не хуже GP", ширина лепестка в направлениях максимума излучения будет не менее 60°.

Несколько слов о конструкции антенны VP2E. Поскольку у этой антенны есть заметная вертикальная составляющая, поддерживающая её мачта должна быть из диэлектрика или иметь развязывающие вставки в металлической мачте. За два десятка лет, прошедших с момента появления VP2E, эту антенну повторяли многие радиолюбители. Были сообщения в Интернете, что она "неплохо работает" и с металлической мачтой, если мачта не заземлена. Этого нельзя исключать, поскольку длина мачты "нерезонансная". Но в любом случае она при этом может несколько исказить диаграммы направленности антенны. И главное, "неплохо работает" — это только устные оценки радиолюбителей, никто не проводил объективных измерений её характеристик при замене диэлектрической мачты на металлическую.

Целесообразно, по-видимому, как и в любой проволочной антенне, на фидер в месте его подключения к антенне ввести кабельный дроссель ("токовый балун").

Вполне естественно, что антенну VP2E повторяли и на другие диапазоны. Особенно компактной она будет на более высокочастотные диапазоны. Действительно, для диапазона 20 метров высота поддерживающей мачты может быть всего около 4 м — такая конструкция размещается практически на любой крыше. Более того, эта антенна очень удобна для работы в полевых условиях, когда поблизости нет подходящих для установки антенны деревьев, например, в поле или в горах. В качестве мачты при этом можно использовать диэлектрические удилища, которые удобны для транспортировки.

Интересные эксперименты с различными антеннами (в том числе и с VP2E), в которых в качестве мачты используется удилище, проводил UA6HJQ. С результатами этих экспериментов можно ознакомиться в статье "Носимые КВ антенны для высокогорных экспедиций" по адресу **http://goryham.qrz.ru/ant/udo4ka.htm#5** на его сайте. Поскольку распространённые удилища в собранном виде имеют длину 4...7 м, на их основе можно выполнять антенны VP2E на диапазоны 7 МГц и выше. Для надёжной работы удилища в качестве мачты антенны его надо несколько доработать. Информация о том, как это сделать, есть на сайте UA6HJQ.

Его вариант антенны VP2E был предназначен для работы на диапазоне 20 метров. Мачта была высотой H2 = 4,2 м, а длины излучателя — L1 = L2 = 10,4 м. Концы излучателей были удалены от "земли" на расстояние H1 = H3 = 0,6 м. UA6HJQ просчитал этот вариант в известной программе MMANA (файл для расчёта есть в упомянутой статье на его сайте). Он обнаружил, что точку подключения фидера в его варианте антенны целесообразно несколько сместить (L3 = 6,3 м). Это и не удивительно. Правая часть излучателя (по рис. 1) — это полуволновый диполь со смещённой от центра точкой питания, а это смещение можно делать в любую сторону от его центра. При этом, правда, по данным автора несколько изменилась и диаграмма направленности в горизонтальной плоскости — стала более "круговой".

КСВ у его антенны был 1,5 на частоте 14 МГц, 1,1 — на частоте 14,1 МГц, 1,7 — на частоте 14,3 МГц. Иными словами, он был вполне приемлемым в пределах всего диапазона 20 метров.

Рис. 3

Антенна VP2E известна же более 20 лет. Естественно, что рано или поздно у радиолюбителей возникала мысль о её использовании на нескольких диапазонах. Практически любая многодиапазонная антенна является компромиссной. Даже те антенны, у которых удаётся реализовать приемлемое значение КСВ на нескольких диапазонах (без отдельного согласующего устройства), на разных диапазонах будут иметь различные диаграммы направленности. И там, где на одном из них был максимум излучения, на другом может быть минимум. Но здесь уже ничего не поделаешь — возможности по установке антенн для большей части радиолюбителей весьма ограничены, и часто приходится мириться с теми характеристиками, которые имеет в конкретных условиях единственная антенна.

При наличии отдельного согласующего устройства антенна VP2E может эксплуатироваться на нескольких любительских диапазонах как своеобразный "длинный провод". В частности, это реально для "полевого" её варианта. В этом случае длина фидера обычно бывает не более 10 м, и дополнительные потери в нём, связанные с повышенным КСВ на некоторых диапазонах, будут невелики.

Но, конечно, всегда интересен вариант, когда на каких-то диапазонах КСВ не сильно отличается от единицы, и антенну можно эксплуатировать на них без дополнительного согласующего устройства. Интересный вариант введения в подобную антенну второго диапазона предложил в своё время украинский коротковолновик UR0GT. На диапазоне 40 метров его антенна работает как INVERTED V, и настройка её на этом диапазоне производится коррекцией общей длины излучателя. А для практически независимой подстройки на диапазоне 20 метров, где она работает как VP2E, в точке перегиба излучателя добавляется свободно свисающий проводник длиной около 1 м. Изменяя его длину, можно сдвигать рабочую частоту на этом диапазоне. На диапазоне 40 метров его влияние незначительно, поскольку на этом диапазоне он находится в пучности тока.

Об экспериментах RW6AVK с подобным вариантом антенны можно ознакомиться по адресу **http:// www.lan23.ru/misc/VP2E_2b/2bVP2E.html** на его странице.








СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2016 год

Первое число после названия статьи обозначает номер журнала, второе — страницу (начало статьи). Материалы рубрик "Обмен опытом" и "Дополнение к напечатанному" ("Наша консультация", "Обратите внимание") включены в соответствующие тематические разделы содержания.








РАДИОПРИЁМ

Дополнения к статьям

ИЗМЕРЕНИЯ

Дополнения к статьям

КОМПЬЮТЕРЫ

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Дополнения к статьям

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Дополнения к статьям

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Дополнения к статьям

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Дополнения к статьям

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ

Дополнения к статьям

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Дополнения к статьям

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Дополнения к статьям

"РАДИО" — О СВЯЗИ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

На любительских диапазонах

SK

Дополнения к статьям

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Редакторы: ***С. Глибин*** ("Дополнение к напечатанному"), ***А. Долгий*** ("Микропроцессорная техника", "Компьютеры", "Измерения", "Прикладная электроника", "Электроника за рулём", "Источники питания", "Радио" — начинающим"), ***А. Михайлов*** ("Видеотехника"), ***С. Некрасов*** ("Радио" — о связи"), ***И. Нечаев*** ("Наука и техника", "Радиоприём"), ***Н. Нечаева*** ("Радио" — начинающим"), ***А. Соколов*** ("Звукотехника"), ***Б. Степанов*** ("Радио" — о связи"), ***В. Фролов*** ("Радиолюбительская технология", "Прикладная электроника", "Источники питания"), ***В. Чуднов*** ("Источники питания").

В оформлении журнала участвовали ***Е. Герасимова***, ***В. Мусияка***, ***Ю. Андреев*** (графика).

POWER ELECTRONICS

13-я Международная выставка "Силовая Электроника"

25 – 27 октября 2016 года, Москва, МВЦ "Крокус Экспо"

ООО "Ай-Си Контракт" из Екатеринбурга. Поставки электронных компонентов.



Стенд АО "ВЗПП-С" одного из крупнейших поставщиков полупроводниковых приборов для предприятий – изготовителей радиоэлектронной продукции.

ООО "Авантех" – представляет оборудование и материалы для производства электроники.



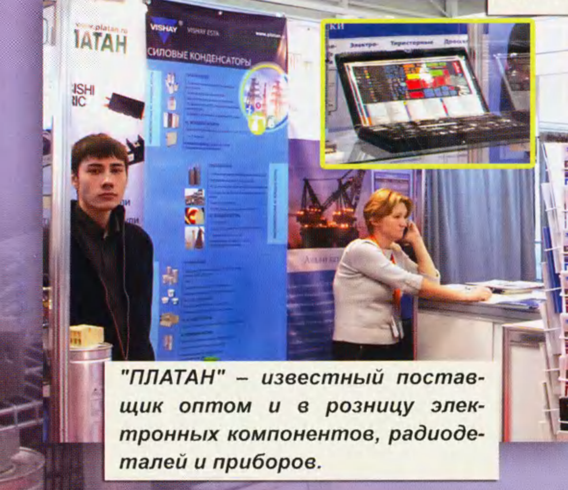
ООО "Гаммамет" предлагает магнитопроводы с аморфной и нанокристаллической структурой.



Стенд ОАО "Электровыпрямитель" – отечественного предприятия с 75-летней историей. Выпускает полупроводниковые приборы для силовой электроники и оборудование на их основе.



"ЛАЗЕРНЫЙ ЦЕНТР" – проектирование и изготовление лазерных систем, внедрение передовых лазерных технологий в различные производства.



"ПЛАТАН" – известный поставщик оптом и в розницу электронных компонентов, радиодеталей и приборов.

"ФОРЛАЙТ" – отечественный разработчик и производитель импульсных источников питания, в том числе и для светодиодной техники.

2017

Январь

						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Февраль

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28					

Март

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Апрель

					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Май

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Июнь

			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Июль

					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Август

	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Сентябрь

				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Октябрь

						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

Ноябрь

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Декабрь

				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

+7 (495) 607-31-18 www.radio.ru

ЖУРНАЛ
РАДИО